

Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Pompei, Ercolano e Stabia



PROGETTO COPERTURE

**MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA
DELLE COPERTURE, DELLE STRUTTURE MURARIE
E DEGLI APPARATI DECORATIVI DI
“VILLA REGINA” PRESSO GLI SCAVI DI BOSCOREALE**

PROGETTO ESECUTIVO

IL R.U.P.:

Arch. Immacolata Bergamasco

Firma:

IL PROGETTISTA:

Arch. Carlo Monda

Firma:

I CONSULENTI:

Per le opere architettoniche e le sup. decorate

Arch. Valentina Puglisi

Per le strutture

Ing. Fabrizio Torzetti

Per gli apparati decorativi

Res. Cons. Stefano Volta

Per le ricerche archeologiche

Dott. Domenico Camardo

Dott. Mario Notomista

Per i rilievi

Dott. Massimo Brizzi

Per l'impianto elettrico e di illuminazione

Ing. Franco Verzaschi e Ing. Marco Di Mauro

IL SOPRINTENDENTE:

Prof. Massimo Osanna

Firma:

IL DIRETTORE DEGLI SCAVI DI BOSCOREALE:

D.ssa Anna Maria Sodo

Firma:

Relazione Geologica

Elaborato: C .4.1

Scala:

N. REV.	DATA	APPR.	DESCRIZIONE	N. REV.	DATA	APPR.	DESCRIZIONE
00	02.12.2014		Emissione definitiva				

ELABORATO C.4.1 - RELAZIONE GEOLOGICA

Il Geologo incaricato

Dott. Giovanni Di Maio

Premessa

Il presente referto, redatto su incarico di, affronta le problematiche geologico tecniche connesse alla realizzazione degli interventi legati al progetto di restauro conservativo delle coperture del Complesso Archeologico di Villa Regina nel territorio comunale di Boscoreale (NA). Esso descrive in modo preliminare i risultati di studi e indagini per la fattibilità geologica dell'opera di progetto, inquadrando le problematiche emerse, anche alla luce della più recente normativa in tema di microzonazione sismica dei siti.

L'area di interesse si inserisce in corrispondenza del limite meridionale del Somma Vesuvio, ove una serie di relitti di "paleomorfologie" fanno da raccordo tra lo stesso rilievo vulcanico e la fascia costiera della Piana del Sarno. Il contesto geoambientale, in quest'area collocata tra il Somma – Vesuvio e la Piana sarnense, risulta caratterizzato da morfologie collinari, lembi residui di paleomorfologie tra i quali l'arco collinare di Civita Giuliana, in parte riconducibili alla presenza di un antico cratere centrato in corrispondenza dell'attuale Fossa di Valle e/o più crateri/caldere con in prossimità la presenza del conoide di deiezione c.d. del Penniniello.

Scopo del presente lavoro è stato quello di dettagliare le problematiche generali connesse alla natura, alle caratteristiche geoambientali del territorio e geomeccaniche dei terreni, nonché la stratigrafia del sottosuolo interessato dall'intervento in oggetto con opportuni approfondimenti d'indagine e caratterizzazioni.

In tale prospettiva, il lavoro è stato coordinato in singoli momenti operativi:

- Ricerca bibliografica, rivolta alla caratterizzazione delle modalità di messa in posto dei materiali relativi allo spessore geotecnico significativo, ed al reperimento di tutte le grandezze geomeccaniche già note riguardanti i terreni di sedime.
- Dettagliato rilievo geologico-geomorfologico dei luoghi, esteso alle aree limitrofe, finalizzato alla verifica della fattibilità geologica delle opere in oggetto.
- Analisi dei risultati ottenuti nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo condotti nella campagna di indagini geologiche del 2007 per la realizzazione della vicina Stazione della Circumvesuviana di Madonna dei Flagelli e dei dati desunti dalla campagna di indagini geoarcheologiche per il Progetto di ricerca "Ricostruzione dei paleo-paesaggi nella Piana del F. Sarno" condotta nel 2008 nel territorio comunale di Boscoreale in collaborazione con il DEUTSCHES ARCHAEOLOGISCHES INSTITUT - ZENTRALE. In particolare, relativamente a quest'ultima, è stato considerato il sondaggio geoarcheologico denominato DAI 16 realizzato a ridosso di Villa Regina, i cui dati sono stati interpretati in chiave geologico tecnica tenendo conto delle normative vigenti in materia ed in particolare:

- Normativa sismica regionale (L.R. 9/83).
- Delibera 5447 del 7 novembre 2002 della Giunta Regionale Campania.
- D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, C.S.I.LL.PP.
- Normativa difesa del suolo regionale (Norme di attuazione Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale).

Costituiscono parte integrante della presente relazione i seguenti elaborati:

CARTA GEOLITOLOGICA

STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - RISCHIO DA FRANA	I: 5.000
STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - PERICOLOSITÀ DA FRANA	I: 5.000
STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - PERICOLOSITÀ IDRAULICA	I: 5.000
STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - FASCE FLUVIALI	I: 5.000

PLANIMETRIA DELL'AREA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

N. 3 COLONNE STRATIGRAFICHE

N. 1 SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA

1.0 - Inquadramento geologico strutturale

La piana del Sarno, compresa tra il Somma – Vesuvio a N, i monti di Sarno a NE, i monti Lattari a S ed il mar Tirreno ad W, costituisce la porzione meridionale della ben più ampia Piana Campana, da cui è separata proprio dal vulcano vesuviano.

La Piana Campana è uno dei più estesi bacini quaternari dell'Italia meridionale; essa è delimitata da rilievi carbonatici Mesozoici che furono smembrati e ribassati dalla tettonica plio-pleistocenica.

Il graben risultante continuò a sprofondare nel Quaternario con un rigetto variabile dai 3 ai 5 km. Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto tale sprofondamento sono evidenziate lungo i margini della Piana da ripidi versanti di faglie, apparentemente dirette, orientate prevalentemente con direzioni Appenniniche (NW – SE) ed Antiappenniniche (SO – NE).

Durante gli ultimi 50 kyr, lungo queste strutture recenti si è impostato il vulcanismo potassico della provincia Romana e Campana (Roccamonfina, Campi Flegrei, Ischia e Somma – Vesuvio).

Nel settore orientale della Piana Campana, e più precisamente quello comprendente il Somma – Vesuvio e la Piana del Sarno, indagini geofisiche hanno permesso di ricostruire a grandi linee l'andamento del top del substrato carbonatico al di sotto della potente copertura vulcanica e sedimentaria.

Il substrato risulta smembrato in vari blocchi da faglie con andamento Appenninico ed Antiappenninico che lo ribassano verso il centro della piana del Sarno fino alla profondità di 2000 m. Tale ribassamento continua verso ovest al di sotto del Somma – Vesuvio dove, in corrispondenza del bordo occidentale del vulcano, la presenza di faglie, orientate SO e NE, determina un gradino strutturale tra la piana del Sarno e quella napoletano – voltornina.

Il vulcano strato del Somma - Vesuvio appartiene alla cosiddetta Provincia Comagmatica Romana, caratterizzata da un'età almeno superiore ai 2.0 milioni di anni. Direttamente connessa all'apertura della Piana Abissale Tirrenica, successiva alla rotazione antioraria della Penisola Italiana, gli apparati vulcanici facenti parte di tale provincia sono caratterizzati da magmi potassici interpretati quali membri shoshonitici di associazione orogenetica oppure quali prodotti alcalini di aree di rift. Tettonicamente, tali vulcani quaternari sono impostati su di una crosta continentale notevolmente assottigliata, all'intersezione di grandi faglie dal tipico andamento appenninico ed antiappenninico. Caratteristicamente, i vulcani Campani si situano al centro della grande depressione della Piana Campana bordata a nord dall'horst del M.te Massico, a sud da quello dei M.ti Lattari e ad est dai contrafforti della Catena Appenninica.

Come noto, il Somma - Vesuvio è uno strato vulcano complesso, costituito dall'antico apparato del M.te Somma, la cui attività termina con il collasso della caldera centrale e dal Vesuvio, accresciutosi successivamente quale cono isolato nell'antica caldera e sono separati tra di loro dalla incassata "Valle" del Gigante. La caratteristica saliente del complesso vulcanico è data dal forte contrasto morfologico tra le pendici profondamente erose del M.te Somma ed il regolarissimo cono del Vesuvio. Il cono sommitale del Vesuvio presenta un cratere del diametro di circa 450.0 m e della profondità di 330.0 m. Innumerevoli risultano le evidenze di crateri eccentrici, tra i quali il più evidente è rappresentato dal cono dei Camaldoli della Torre presso Torre del Greco.

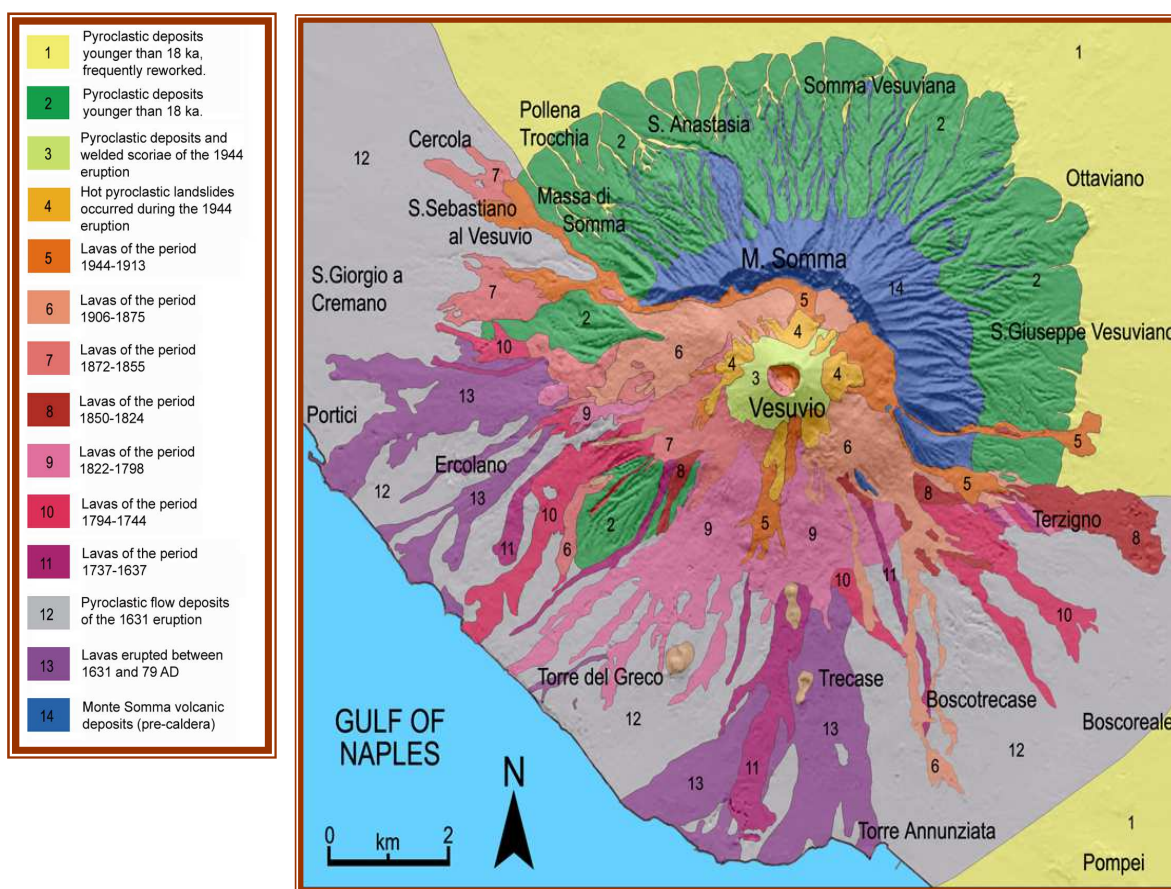
La ricostruzione cronologica dell'attività del Somma Vesuvio parte dai dati ottenuti dalla realizzazione del sondaggio Trecase 1 dell'Agip, che ha messo in evidenza la presenza di un'attività vulcanica, in parte sottomarina, precedente (ProtoSomma) alla messa in posto dell'Ignimbrite Campana (39.000 yrs. B.P.).

L'esame delle sequenze stratigrafiche, unitamente alle datazioni assolute, consentono la suddivisione dell'attività vulcanica in un ciclo preignimbritico e uno postignimbritico; quest'ultimo è a sua volta suddiviso in attività preistorica e attività storica.

Per queste ultime è stata distinta la seguente successione di eventi principali:

- 25.000 anni - eruzione pliniana delle pomice di Codola;

- 22.000 anni - eruzione pliniana delle pomici di Sarno;
- 17.000 anni - eruzione pliniana delle pomici di base;
- 15.000 anni - eruzione pliniana delle pomici verdoline;
- 11.400 anni - eruzione pliniana delle pomici del Lago Amendolare;
- 7.900 anni - eruzione pliniana delle pomici di Mercato;
- 3.800 anni - eruzione pliniana delle pomici di Avellino;
- più di nove eventi eruttivi intermedi;
- 79 d.C. - eruzione pliniana di Pompei;
- 203 d.C. - eruzione subpliniana;
- 472 d.C. - eruzione subpliniana di Pollena;
- 512 d.C. - eruzione;
- 685 d.C. - eruzione;
- 787 d.C. - eruzione;
- 968 d.C. - eruzione;
- 1037 d.C. - eruzione;
- 1139 d.C. - eruzione subpliniana;
- 1631 d.C. - eruzione subpliniana;
- 1638-1737 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1744-1794 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1798-1822 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1824-1850 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1855-1872 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1875-1906 d.C. - periodo con effusioni laviche;
- 1913-1944 d.C. - periodo con effusioni laviche;



2.0 - Caratteristiche idrogeologiche generali

Nell'area in esame lo schema di circolazione idrica sotterranea mostra caratteristiche essenzialmente differenziate in base alla presenza dei diversi complessi idrogeologici, che definiscono più idrostrutture a diverso comportamento per quanto riguarda l'infiltrazione, la circolazione e l'immagazzinamento delle acque sotterranee. In particolare, i principali acquiferi che bordano la piana nei settori nord-orientale e sud-orientale, sono costituiti dalle dorsali carbonatiche della successione calcareo - dolomitica mesozoico - cenozoica, ovvero litotipi prevalentemente carbonatici, intensamente fratturati a causa delle varie fasi tettoniche e carsificati, con grado di permeabilità estremamente elevato. Tali idrostrutture alimentano cospicuamente le maggiori emergenze che circondano la piana, ed in modo diffuso l'acquifero della Piana stessa.

Il settore della "Piana Campana", posto a valle delle suddetti dorsali carbonatiche e che circonda l'apparato vulcanico del Somma - Vesuvio, comprende più litotipi a permeabilità differente, ma che nel complesso varia da scarsa a media.

Gli orizzonti più permeabili, costituiti da lave, pomici, brecce e sabbie vulcaniche, intercalati a depositi prevalentemente alluvionali, passano lateralmente e verticalmente a livelli poco o punto permeabili, quali ceneri, limi, argille, depositi tufacei e livelli piroclastici altamente argillificati. Ne deriva, quindi, una circolazione idrica per falde sovrapposte e localmente dotate di una certa pressione.

Del resto, la circolazione idrica può considerarsi unica ed a falda libera, data la disomogeneità e la discontinuità degli orizzonti appena citati.

Il complesso idrogeologico del Somma - Vesuvio è caratteristicamente un complesso idrogeologico vulcanico centrale misto. Questa tipologia di complessi idrogeologici, che è caratterizzata da permeabilità dovuta sia a porosità che a fessurazione, presenta diversi livelli acquiferi sovrapposti intercomunicanti tra loro a causa della ridotta continuità dei livelli impermeabili. Gli acquiferi sono quindi eterogenei ed anisotropi. Il complesso idrogeologico vulcanico del Vesuvio presenta una falda radiale basale centrifuga, priva di sorgenti di importanza regionale, in quanto l'acquifero piroclastico alluvionale della piana campana drena tutte le acque vesuviane a nord, est ed ovest, mentre sul versante meridionale il recapito delle acque è costituito dal Mar Tirreno.

In particolare i litotipi fondamentali che compongono il complesso idrogeologico vesuviano sono lave scoriacee da compatte a fratturate, con elevata permeabilità per fessurazione nelle zone a maggior presenza di giunti e piroclastiti sciolte, tipiche di eruzioni pliniane e subpliniane, con modalità di messa in posto che vanno dai fall ai flussi, fino ai surge. Le piroclastiti hanno una permeabilità variabile per porosità; la stessa variabilità è funzione della granulometria dei depositi.

Come già detto il complesso idrogeologico vulcanico è bordato dai complessi idrogeologici alluvionali della Piana Campana sensu latu, ed in particolare della Piana Campana ad ovest, della piana nolana a nord e della piana del fiume Sarno ad est.

Nella seguente tabella sono presentati i parametri idrogeologici del complesso idrogeologico del Somma - Vesuvio:

Area di riferimento	153.0 km ²
Precipitazione	924 mm
Evapotraspirazione	606 mm
Deflusso globale	318 mm
Area di infiltrazione	138.5 km ²
Volume	37.4 × 10 ⁶ m ³ /anno
Resa	8.6 l/s × km ²
Volume medio annuo della portata della falda + emungimenti	50.4 × 10 ⁶ m ³ /anno

Tab. 1: Parametri idrogeologici del Somma-Vesuvio

La falda è rinvenibile a circa 20 m di profondità dal p.c..

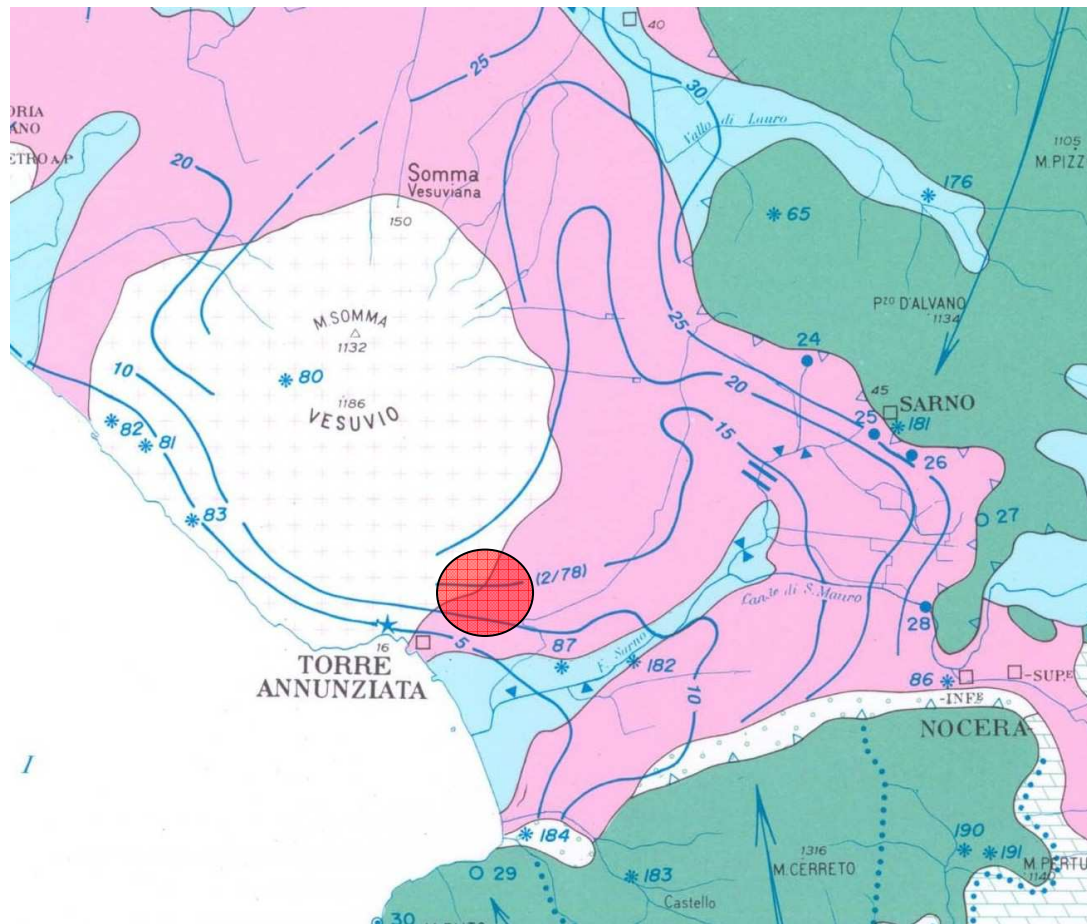


Fig. 2: Carta idrogeologica della Campania

3.0 - Caratteristiche macrosismiche e vulcaniche

Il territorio comunale di Boscoreale risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica e, da eventi di origine vulcanica con epicentro nei vicini distretti del Vesuvio e subordinatamente dei campi Flegrei.

Quanto sopra, ben si coglie dai dati riportati in Tabella 2, relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

Anno	Mese	Giorno	Lat.	Long.	Iloc	Imax	M	Siti	Zona epicentrale
1694	9	8	40.87	15.4	7	10	6.8	251	Irpinia-Basilicata
1783	3	28	38.78	16.47	4	11	6.9	900	Calabria
1883	7	28	40.75	13.88	4.6	10	5.6	27	Casamicciola Terme
1456	12	5	41.3	14.72	7	11	7.1	218	Italia centro-meridionale
1857	12	16	40.35	15.85	7	11	7	338	Basilicata
1851	8	14	40.95	15.67	5	10	6.3	112	Basilicata
1887	12	3	39.57	16.22	3	9	5.5	142	Calabria settentrionale
1905	9	8	38.67	16.07	5	10.5	6.8	827	Calabria
1908	12	28	38.15	15.68	4.5	11	7.1	787	Calabria meridionale-Messina
1561	8	19	40.52	15.48	4.6	10	6.5	34	Vallo di Diano
1688	6	5	41.28	14.57	6	11	6.6	216	Sannio
1732	11	29	41.08	15.05	6.5	10.5	6.6	168	Irpinia
1805	7	26	41.5	14.47	6	10	6.6	223	Molise
1828	2	2	40.75	13.9	0	9	4.5	10	Casamicciola Terme
1853	4	9	40.82	15.22	6.5	9	5.9	47	Irpinia
1910	6	7	40.9	15.42	5.5	9	5.8	376	Irpinia-Basilicata
1915	1	13	41.98	13.65	3	11	7	860	Marsica
1930	7	23	41.05	15.37	7	10	6.7	511	Irpinia
1962	8	21	41.23	14.95	7	9	6.2	262	Irpinia
79	8	25	40.8	14.38	5	8	6.3	9	Area vesuviana
1982	3	21	40.00	15.77	4.5	7.5	5.5	126	Golfo di Policastro
1984	5	7	41.67	14.05	4.5	8	5.9	1255	Appennino abruzzese
1984	5	11	41.72	14.08	4	7	5.4	1255	Appennino abruzzese
1980	11	23	40.85	15.28	7	10	6.7	1395	Irpinia-Basilicata

Tabella 2: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Torre Annunziata dall'anno 461 a.C. al 1990. LEGENDA: Iloc = intensità macrosismica locale (MCS); Imax = intensità massima dell'evento; M = magnitudo (Richter); Siti = numero di località interessate. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km, sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica (Fig. 3); qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NW-SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è risentito nel territorio in studio con intensità locale non inferiore al VII grado della scala MCS.

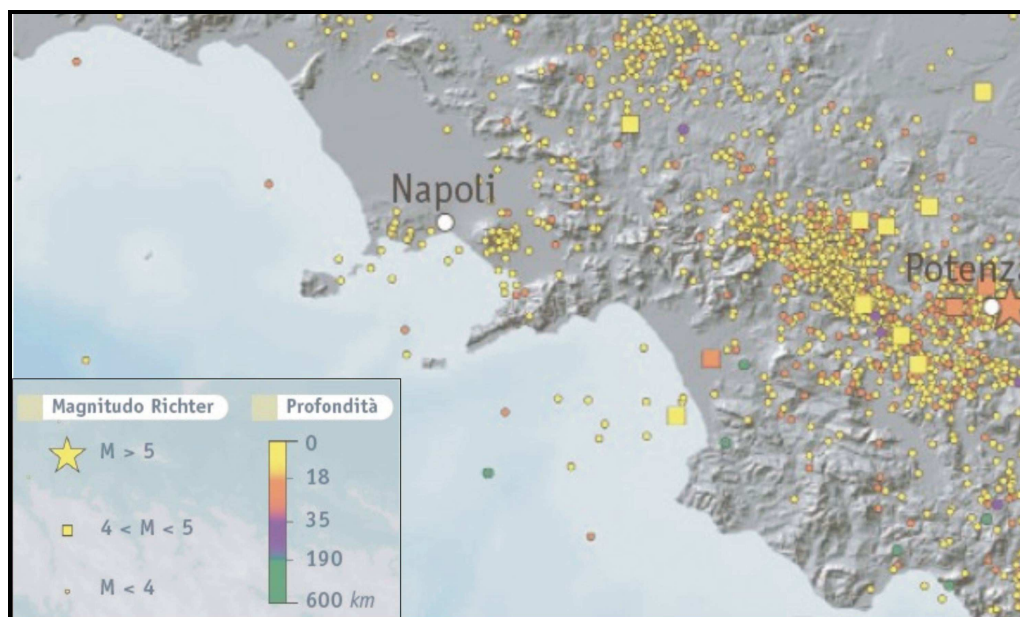


Fig. 3: Ubicazione di tutti i terremoti registrati nell'area d'interesse negli ultimi 2000 anni (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In base alla delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, il Comune di Boscoreale è stato classificato in seconda zona sismica (Fig. 4).

In tali zone il grado di sismicità da considerare è $S = 9$ ed il coefficiente di Intensità Sismica $C = (S-2)/100 = 0.07$ (g); invece l'accelerazione orizzontale massima a_g , da considerare in fase di progetto su suolo di categoria A (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico), è $a_g = 0,25g$, dove g è l'accelerazione di gravità.

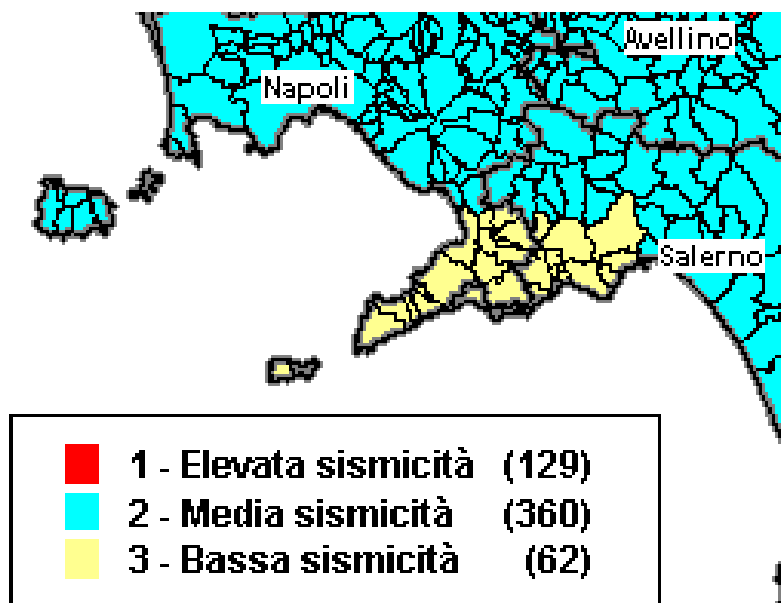


Figura 4: Mappa della classificazione sismica del Comune di Boscoreale e di quelli limitrofi secondo delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002.

Da quanto descritto nel paragrafo precedente si comprende l'importanza della valutazione del rischio sotteso ad un vulcano attivo quale il Somma Vesuvio. Questo vulcano strato è formato da un apparato più antico, il cosiddetto M.te Somma la cui attività è cessata con il collasso della

caldera sommitale e da un cono recente "neoformatosi" all'interno della caldera collassata. L'inizio dell'attività del M.te Somma non è nota, ma va fatta risalire almeno a 0.3 milioni di anni, mentre il termine coincide con il collasso della caldera avvenuta a seguito della grande eruzione pliniana, delle pomici basali collocabile all'incirca 17.000 anni fa. L'ultima eruzione del 1944 ha dato inizio all'attuale periodo di quiescenza chiudendo un periodo di attività praticamente continuo, iniziato nel 1631.

Uno schema semplificato dei cicli eruttivi del Somma Vesuvio tende ad evidenziare l'inizio di ogni singolo ciclo, in concomitanza di un'eruzione di pomici pliniane, successiva ad un lungo intervallo di quiescenza. L'eruzione del 79 d.C. sembra aver dato inizio al ciclo attuale con un associato spettro di attività molto ampio che va dall'eruzione di tipo pliniano, alla attività effusiva, al cono di scorie, all'attività stromboliana. Semplificando, per il Vesuvio si possono distinguere i seguenti tre tipi di comportamento:

1) attività su piccola scala, soprattutto effusiva con colate, coni di scorie, colate di fango. In generale vengono emessi piccoli volumi con intervallati brevi periodi di riposo.

2) attività su scala intermedia o solo esplosiva. Volumi moderati e periodi di riposo più lunghi.

3) attività esplosiva su grande scala. Grandi volumi e lunghi periodi di riposo. Il tutto ha inizio con eruzioni parossistiche con grandi volumi di pomici ($2-4 \text{ km}^3$) distribuite sul territorio a seconda dei venti dominanti. Successivamente predominano i surges quale prodotto caratteristico della parte finale dell'eruzione che viene chiusa da flussi e colate di fango, tutto questo nell'arco di pochi giorni.

La caratterizzazione del rischio vulcanico sotteso dal Vesuvio quindi, può definire due tipologie di eventi attendibili e cioè eventi effusivi ed eventi esplosivi. Nel primo caso le emissioni possono avvenire sia dal cono centrale come nel caso dell'eruzione del 1944, che dai fianchi anche a quote basse come nel caso dell'eruzione del 1760.

Sempre all'interno dei rischi sottesi da un'area vulcanica, deve essere menzionata l'eventualità di esalazione gassose soprattutto in concomitanza della realizzazione di scavi. E' storicamente nota ai "pozzaroli" dell'area vesuviana il rischio della presenza di gas (loc. Mefite) che provocavano la morte imprevedibile degli stessi operatori.

E' noto che in aree vulcaniche attive, si producono risalite verso la superficie, di gas e vapori prevalentemente costituiti da anidride carbonica. Quando tale risalita si localizza e concentra lungo vie preferenziali si possono avere in superficie manifestazioni di tipo fumarolico. Il più delle volte questi fluidi vengono intercettati dalla falda acquifera che di conseguenza si arricchisce di componenti volatili. Infatti la falda acquifera vesuviana risulta ricca in CO_2 con picchi accentuati nell'area di Pompei (Fonte Salutare) con fenomeni di artesianità e getti alti anche alcune decine di metri.

Detto ciò, risulta evidente la presenza di probabili situazioni di pericolo negli scavi in galleria soprattutto in concomitanza di situazioni geostratigrafiche particolari che possono aver intrappolato CO_2 .

4.0 – Inquadramento geoambientale di dettaglio

La nostra area di interesse, come già accennato, si inserisce in corrispondenza del limite meridionale del Somma Vesuvio in prossimità del cono di deiezione di Villa Regina, lungo la fascia di raccordo tra il rilievo vulcanico e la fascia costiera della Piana del Sarno, in una zona prevalentemente caratterizzata da una serie di relitti di "paleomorfologie pseudocollinari" legate all'arco collinare di Civita Giuliana.

Esse, in parte riconducibili alla presenza di un antico cratere centrato in corrispondenza dell'attuale Fossa di Valle, si spingono verso sud fino all'area della collina di Sant'Abbondio costituendo un alto morfologico posto praticamente al centro della parte terminale della Piana del Sarno. Il grande interesse antropico/insediativo di tali alture può essere retrodatato almeno fino all'Eneolitico (recente è il rinvenimento di una necropoli di tale periodo proprio nell'area di Sant'Abbondio) oltre che costituire il basamento d'impasto dello stesso nucleo urbano dell'antica Pompei.

L'area d'interesse si pone al margine meridionale di tali blandi sistemi morfologici proprio ove questi risultano rimodellati dall'azione erosiva delle continue variazioni del livello marino succedutesi durante le principali crisi climatiche del Pleistocene. Risulta infatti chiaramente riconoscibile con buona continuità da Torre Annunziata fino all'area pompeiana con una significativa interruzione nell'area del cono di deiezione di Villa Regina, un salto morfologico piuttosto accentuato interpretabile quale limite massimo relativo all'ultima ingressione marina di età versiliana (vedi figura 5). Lo stesso sviluppo dell'abitato antico e la relativa rete di infrastrutture (strade, cinta muraria, ecc.) risulta profondamente condizionato dall'andamento di tale salto morfologico.

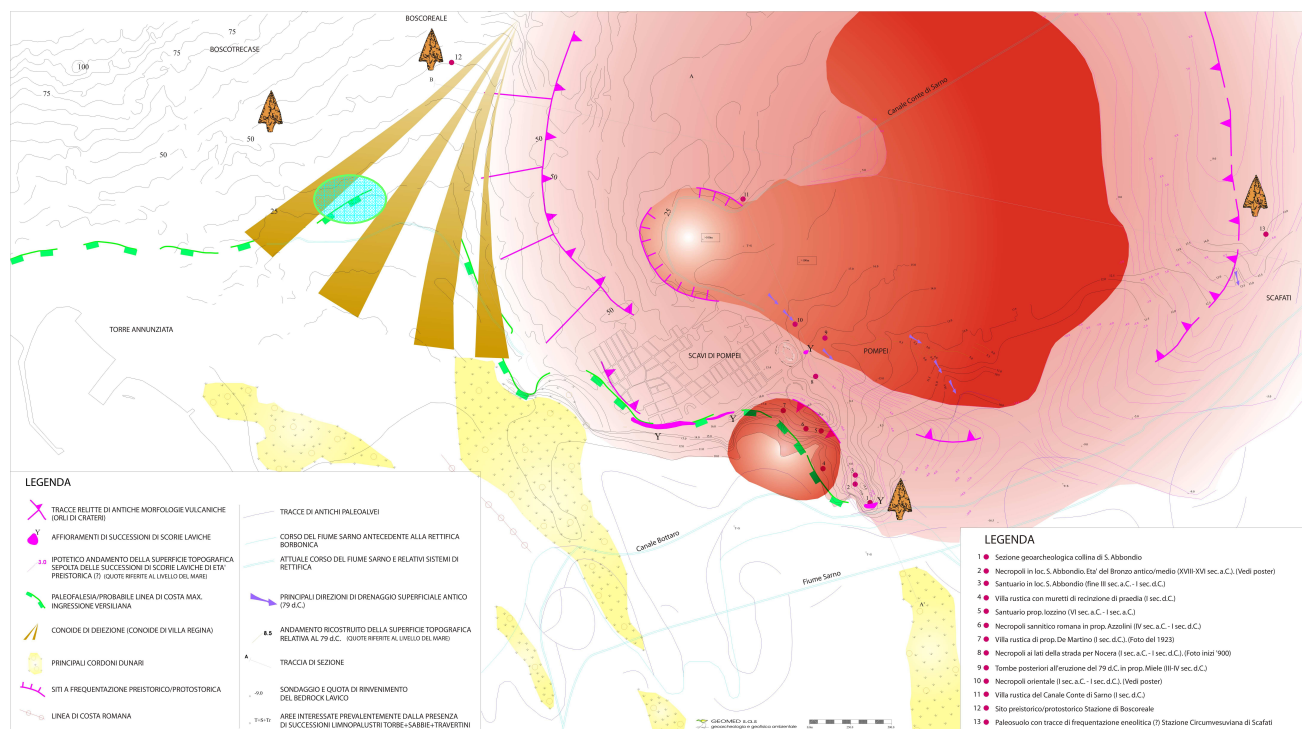


Figura 5: Schema geoarcheologico dell'area

L'area di sedime dell'opera in progetto si colloca proprio in corrispondenza della porzione medio bassa del cono di deiezione di Villa Regina, alla quota di circa 18 metri s.l.m., in un contesto morfologico essenzialmente subpianeggiante, caratterizzato da blande pendenze in direzione SW.

Da un punto di vista geologico l'area in oggetto, come accade per la totalità della zona vesuviana, risulta originata dal sovrapporsi dei prodotti vulcanici eruttati durante la lunga e tormentata storia evolutiva che ha caratterizzato l'attività vulcanica. Conseguentemente l'intera sequenza stratigrafica è costituita dall'alternarsi di prodotti piroclastici, prodotti vulcanoclastici, lave ed episodici intercalari di paleosuoli più o meno antichi. Tutti questi prodotti costituiscono il risultato della continua sovrapposizione di prodotti relativi sia a fase esplosive che effusive in una serie di continui passaggi laterali ed eteropie a luoghi ulteriormente complicate dall'attività antropica.



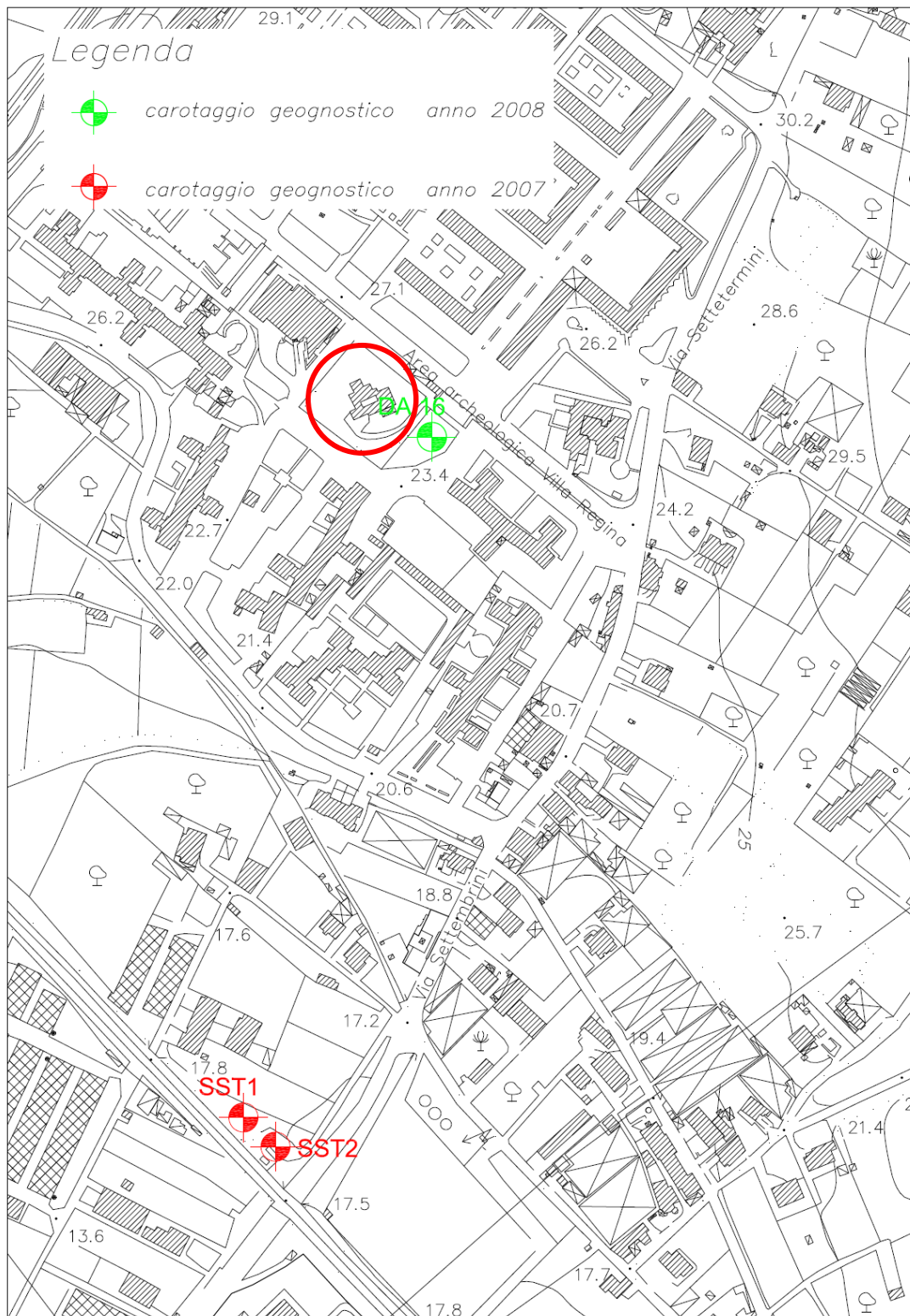
STRALCIO DALLA CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG

5.0 – Indagini condotte e dati considerati

Le indagini considerate hanno permesso di giungere ad una attendibile caratterizzazione del sottosuolo interessato dall'opera in oggetto che peraltro risulta in buon accordo con quanto realizzato in precedenti campagne di indagine. Nello specifico ha permesso la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di sedime di Villa Regina.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE INDAGINI CONSIDERATE		u.m.	quantità
Indagini per la realizzazione della Stazione di Madonna dei Flagelli 2007			
INDAGINI DIRETTE	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO		
	SST1	m	30
	SST2	m	30
INDAGINI INDIRETTE	PROVE SISMICHE DOWN- HOLE		
	SST1	m	30
	SST2	m	30
Progetto di ricerca geoarcheologico "Ricostruzione dei paleo- paesaggi nella Piana del F. Sarno". Campagna 2008 - loc. Villa Regina			
SONDAGGIO DAI16		m	15

Tabella 3: Riepilogo indagini considerate



Planimetria dell'area con ubicazione delle indagini considerate



5.1 – Prove sismiche in foro (Down Hole)

Per ottenere la stima dei parametri geosismici dell'area oggetto di indagine, sono stati considerati i dati di due prove sismiche del tipo Down - Hole (DH) nei fori di sondaggio realizzati e appositamente condizionati con tubi in pvc fino alla profondità di 30 m dal p.c., così come richiesto dalla normativa vigente (OPCM 3274/03 e NTC 2008) nell'area di Realizzazione della Stazione di Madonna dei Flagelli poco a Sud di Villa Regina;

La prospezione sismica down-hole permette di determinare la velocità delle onde elastiche che attraversano i litotipi presenti nell'area oggetto di studio. Energizzando opportunamente il terreno (come riportato in seguito), è possibile determinare sia le velocità delle onde longitudinali (V_p) sia le velocità delle onde trasversali (V_s).

Con opportune relazioni teoriche, note in letteratura, è possibile definire i parametri geotecnici strettamente legati a queste velocità; quali il coefficiente di Poisson (ν), il modulo di Young (E), il modulo di incompressibilità (K) e il modulo di taglio (G).

5.1.1 – Descrizione della metodologia Down Hole

Il metodo sismico down - hole è utilizzato per misurare le velocità delle onde elastiche di compressione e di taglio, che si propagano nel terreno in seguito ad una energizzazione superficiale realizzata, di norma, mediante una massa battente.

La stima di queste velocità è eseguita attraverso la misura dei tempi di propagazione delle onde elastiche longitudinali (**P**) e trasversali polarizzate (**SH**) ed è stata condotta in perfori di diametro 100 mm rivestiti con tubi di pvc da 80 mm di diametro e cementati alle pareti dei diversi fori.

Negli stessi, è stata calata la sonda determinando, per intervalli di profondità fino a fondo foro, i tempi di propagazione secondo le cinque componenti di registrazione. Si è scelto di eseguire un passo pari a 2 m e i valori calcolati sono riportati nelle tabelle di seguito.

Il punto di energizzazione è stato posto ad off-set pari a 1.50 m rispetto alla bocca del foro.

Come sistema energizzante è stato utilizzato una piastra d'acciaio opportunamente posizionata sul terreno e una massa battente.

La sorgente dovrebbe essere posta nelle immediate vicinanze del boccaforo onde evitare la possibile propagazione lungo il tubo di condizionamento dell'onda sismica. Pur tuttavia, nella pratica corrente essa viene posta ad una certa distanza dal boccaforo.

Nel caso in esame la piastra d'acciaio, posta ad una distanza pari a 1.50 m dal boccaforo, è posizionata in modo tale che, colpendo la stessa con un colpo laterale, è possibile generare onde a prevalente componente di taglio (**S**) a polarizzazione orizzontale (**SH**).

A differenza della metodologia classica della sismica a rifrazione è possibile individuare anche degli strati lenti; non bisogna assumere, per questa metodologia di prospezione, che la velocità aumenti con la profondità.

Difatti, nella prova down - hole si misurano i tempi di arrivo delle onde elastiche man mano che le stesse penetrano negli strati più profondi: possono essere facilmente identificate ed interpretate anche inversioni di velocità.

Dato che la sorgente energizzante è posta ad una certa distanza dal boccaforo, dovrà essere eseguita una correzione dei tempi letti (t_l) durante la prospezione sismica. Osservando la figura 1, indicato con α l'angolo formato dall'asse del perforo e la congiungente sorgente - geofono e con d la distanza dalla sorgente da tale asse posto ad una certa profondità (z), la correzione da apportare ad ogni tempo letto è pari a:

$$t_c = t_l \cdot \cos \alpha \quad \text{dove} \quad \alpha = \arctan g \left(\frac{d}{z} \right).$$

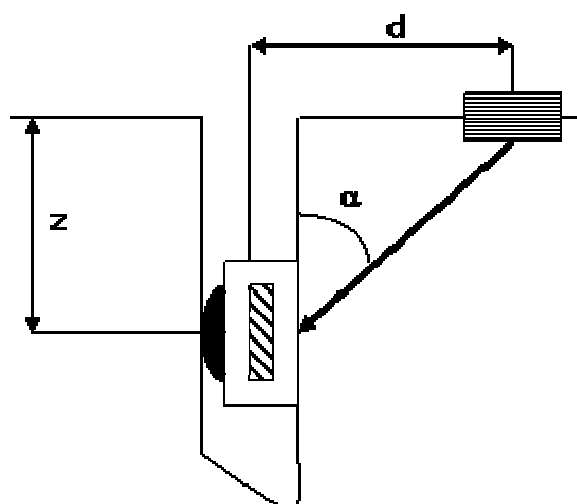


Figura 1: relazione tra asse perforo e distanza tra sorgente energizzante e geofono

Per potere eseguire questa correzione è necessario che il fronte d'onda si propaghi in terreni che non presentano rilevanti discontinuità laterali delle proprietà elastiche. Viceversa, la presenza di forti discontinuità causerebbe una deviazione (determinata da fenomeni di rifrazione) del raggio sismico, e, pertanto, si determinerebbe una stima scarsamente attendibile dei tempi di arrivo. Per definire il grado di disomogeneità dei terreni attraversati, si definisce la *velocità di intervallo*, (V_i) ovvero la velocità con cui viaggerebbe il fronte d'onda lungo l'asse verticale tra due posizioni consecutive del ricevitore intervallate da un tratto verticale z .

La velocità di intervallo può essere stimata sia per le onde **P** che per le onde **S** e, riportando in un diagramma il valore di tali velocità in relazione alla profondità, è possibile evidenziare il grado di disomogeneità del sottosuolo in oggetto.

Inoltre, per una migliore stima dei tempi di arrivo delle onde elastiche nei vari strati, sono state eseguite due energizzazioni in direzione ortogonale al perforo.

Per valutare il profilo di velocità reale del sottosuolo, si realizza un diagramma costituito da tempi corretti (t_c) e le profondità relative. I segmenti di retta così individuati forniscono un intervallo di profondità entro cui la velocità dell'onda sismica è costante.

Dalla stima della velocità delle onde **P** ed **S** in ogni strato individuato dall'interpretazione dei dati di sismica down-hole, è possibile determinare i valori delle costanti elastiche strettamente legate a questi parametri quali: il coefficiente di Poisson (ν) e i moduli di Young (**E**), incompressibilità (**K**) e di taglio (**G**), nonché le rigidità sismiche se si conosce anche la densità dei litotipi attraversati.

Inoltre, considerando un terremoto di progetto con una magnitudo pari a circa 6.8 - 7 Richter, utilizzando il software EERA (Equivalent-linear Earthquake Response Analysis) è stato possibile caratterizzare, valutando la storia temporale dell'accelerazione (di cui si riporta, per ciascun sondaggio eseguito il valore massimo di a_g stimato), la velocità relativa e lo spostamento in sommità dello strato superficiale nonché le tensioni e le deformazioni al centro dello strato 1, il fattore di amplificazione dinamica (FAD) tra il bedrock e il primo strato.

I dati sono stati elaborati considerando un numero di iterazioni pari ad 8 e con modalità Shake 91.

Il valore del FAD è rappresentato nei diversi grafici ottenuti, da un cerchietto rosso. Il valore numerico dell'accelerazione massima e il valore numerico del FAD, è riportato nella didascalia di ciascun grafico.

5.1.2 – Strumentazione utilizzata

La prova sismica down-hole richiede un perforo adeguatamente condizionato, una sorgente energizzante, dei geofoni opportunamente assemblati ed un'unità di registrazione.

La massa battente che costituisce la sorgente energizzante ha un peso di 10 kg e la si usa così come descritto precedentemente.

L'apparato ricevente è costituito da 5 geofoni con frequenza naturale di 14 Hz: un geofono verticale sensibile alla ricezione dei tempi di arrivo delle onde **P** e i rimanenti quattro orizzontali, disposti a 45° tra loro, sensibili alla ricezione dei tempi di arrivo delle onde **S**.

L'acquisizione e la visualizzazione dei dati è stata realizzata con un sismografo digitale multicanale A3000S prodotto dall'MAE Molisana Apparecchiature Elettroniche S.R.L.

Trattasi di un sismografo da 1 a 16 canali avente le seguenti caratteristiche:

- Convertitore analogico digitale con risoluzione 16 Bit
- 2048 campioni per canale
- Campionamento 250, 1000, 2000, 5000, su 8 canali 10.000 c/s
- Guadagno 90 dB
- PC interno 233MHz con HD di capacità di 256 MB con C.F. ed uscita USB.
- Formato dati SEG Y e SEG 2
- Pre-processing in tempo reale per la riduzione del noise culturale ed ambientale.
- Stima del contenuto spettrale del segnale
- L'utilizzo di filtri adeguati (passa-basso, passa-alto, passa-banda e notch filter.)

I dati misurati durante la prova down-hole sono stati così registrati e conservati nella memoria di massa dello strumento. Dopo averli scaricati su Pen Drive USB sono stati convertiti dal formato strumentale in un formato opportuno in modo tale da consentire la lettura dei tempi di arrivo delle onde **P** ed **S**.

L'elaborazione dei dati è stata poi eseguita con software di calcolo specifici per ricostruire la sezione geosismica dei terreni in posto.

5.1.3 – Risultati sperimentali ed elaborazione dati dei sondaggi

I dati interpretati ed elaborati, sono stati sinteticamente rappresentati sia numericamente che graficamente e sono riportati di seguito.

Sondaggio SST1

Tabella S1: analisi riassuntiva dei dati elaborati e dei moduli elastici valutati. Per la stima del peso specifico sono stati utilizzati valori noti in letteratura.

Profondità dal p.c. (m)	ONDE P		ONDE S		Coeff. di Poisson	Moduli elastici			γ (t/mc)
	Tempi (ms)	Velocità (m/s)	Tempi (ms)	Velocità (m/s)		Young (kg/cm ²)	Taglio (kg/cm ²)	Bulk (kg/cm ²)	
2	2.5	803.9	4.0	495	0.19	11340	4747	6187	1.9
4	4.5	893.7	8.5	470	0.31	10628	4062	9240	1.8
6	6.1	988.0	12.6	476	0.35	11827	4384	13060	1.9
8	9.2	872.4	16.7	479	0.28	11406	4440	8820	1.9
10	9.0	1,107.5	18.3	547	0.34	10603	3959	10977	1.3
12	11.8	1,018.8	26.3	457	0.37	10526	3830	13939	1.8
14	18.2	770.7	31.7	441	0.26	9469	3769	6479	1.9
16	21.1	757.7	35.9	446	0.24	9501	3844	5993	1.9
18	26.7	673.2	40.1	449	0.10	7683	3495	3194	1.7
20	24.2	825.7	38.6	518	0.18	16062	6827	8272	2.5
22	31.7	693.6	47.6	462	0.10	11985	5444	5003	2.5
24	39.6	606.0	64.3	373	0.19	8477	3548	4629	2.5
26	41.9	620.7	70.8	367	0.23	8467	3441	5229	2.5
28	52.5	533.1	86.1	325	0.20	6485	2693	3651	2.5
30	62.7	478.2	109.9	273	0.26	4781	1900	3293	2.5

I tempi sono espressi in ms, le velocità in m/s mentre le profondità in m e rappresentano i tempi corretti.

Per quanto concerne la rappresentazione grafica, le curve sperimentali rappresentate in funzione dei parametri tempo-profondità (definite dromocrone, fig. 2) riproducono gli andamenti delle funzioni $t_c P(z)$, $t_c S(z)$.

Sono state altresì diagrammate le velocità intervallo, V_i (fig. 2), in funzione della profondità allo scopo di visualizzare le disomogeneità presenti nelle litologie attraversate (fig. 3). Su tali diagrammi sono state aggiunte delle linee orizzontali che delimitano la stratigrafia sismica lungo la verticale del pozzo. Come si può notare sono stati identificati quattro.

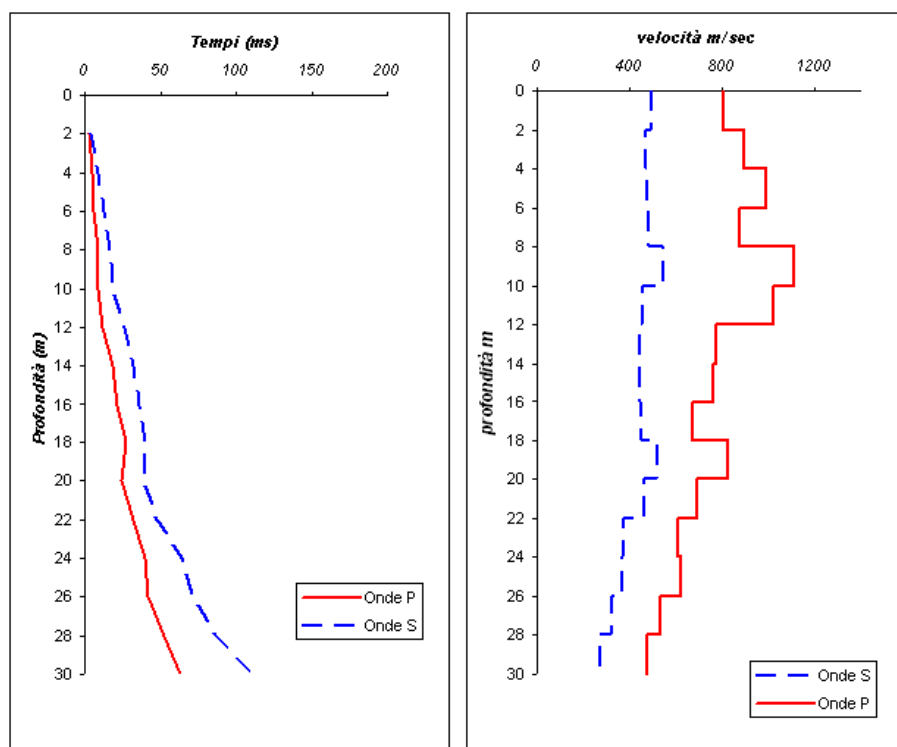


Figura 2: Rappresentazione grafica delle dromocrone e delle velocità intervallo in funzione della profondità.

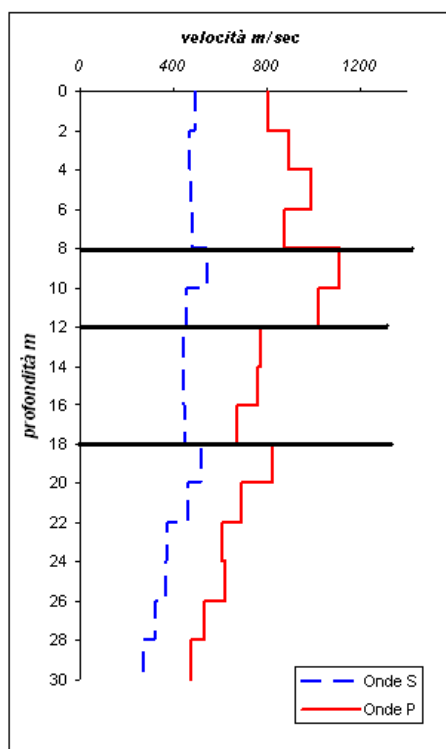


Figura 3: Delimitazione del top ed il botton dei 4 sismostrati individuati rappresentati dalle linee nere orizzontali.

I parametri sismici ed elastici relativi a questi sismostrati sono mostrati nella seguente tabella:

n° str	spessore	γ (g/cc)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ν	E (Kg/cq)	K (Kg/cq)	G (Kg/cq)
1	8.00	1.88	889	480	0.29	11414	9259	4408
2	4.00	1.67	1000	494	0.34	11113	11457	4152
3	6.00	1.83	805	448	0.28	9541	7084	3740
4	12.00	2.50	633	395	0.18	9411	4902	3988

In particolare, assumendo per ogni sismostrato identificato dei valori di densità è possibile determinare i parametri elastici dinamici quali il coefficiente di Poisson (ν), i moduli di Young (**E**), incompressibilità (**K**) e di taglio (**G**). I valori di densità considerati sono stati ottenuti considerando i valori desunti dalle prove di SPT realizzate durante la realizzazione del carotaggio.

Come si può osservare, la prova effettuata ha individuato quattrosismostrati, così caratterizzati:

- il primo orizzonte, dello spessore di 8 m, ha fatto registrare una velocità media delle onde longitudinali di 889 m/s e una velocità media delle onde S di 480 m/s;
- il secondo orizzonte, che si segue fino a 12 metri, è caratterizzato da V_p di 1000 m/s e V_s pari a 494 m/s;
- il terzo orizzonte, che si segue fino a 18 metri, è caratterizzato da V_p di 805 m/s e V_s pari a 450 m/s;
- infine, il quarto ed ultimo sismostrato individuato è caratterizzato da una velocità media delle onde longitudinali di circa 633 m/s e da onde trasversali la cui velocità media è di circa 395 m/s.

Per ottenere la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità nelle due prove realizzate, si procede con il calcolo della seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo

V_i = velocità dell'onda di taglio i-esima

N = numero degli strati

Considerando i valori di dettaglio, misurati ogni 2 metri dal locale piano campagna, la precedente equazione si risolve:

Prova DH1 - VS30 = 450 m/s ,

Tali valori sono così inseriti nei ranges stabiliti, come categoria di **suolo di tipo B**. "Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate, o di argille di molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 360 e 800 m/s ($N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa)".

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica di sito di seguito si riportano i grafici ottenuti relativi all'accelerazione massima e al fattore di amplificazione dinamica stimati:

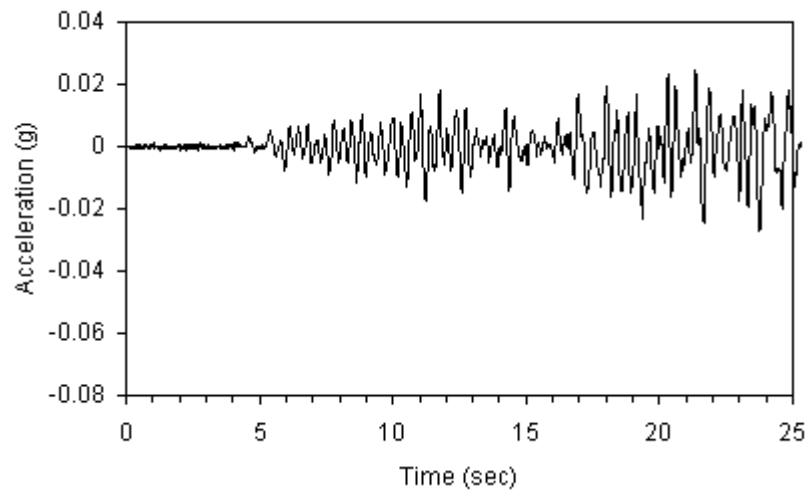


Figura 4: diagramma di accelerazione massima che è possibile stimare in superficie è pari a 0.058

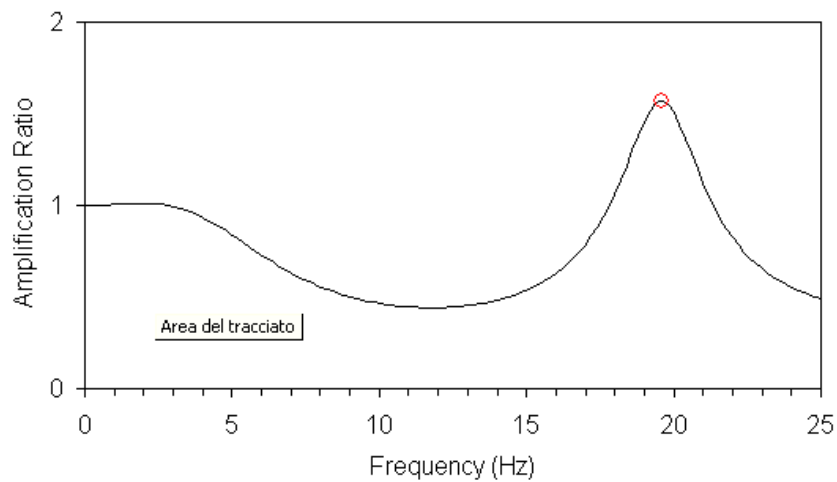


Figura 5: il valore massimo del FAD è pari a 1. 57

Sondaggio SST2

Per il sondaggio SST2 si riportano, così come schematizzato per il sondaggio S1 le diverse elaborazioni ricostruite. Sono valide le stesse osservazioni dettagliatamente descritte per il sondaggio SST1. In questo caso la sonda non è riuscita a superare la profondità di 28 metri, per la valutazione dell'ultima misura si sono utilizzati i dati relativi al sondaggio SST1 ed alla stratigrafia riscontrata, che riporta la presenza del complesso lavico a partire dai 18 metri di profondità fino a fondo foro.

Tabella S2: analisi riassuntiva dei dati elaborati e dei moduli elastici valutati. Per la stima del peso specifico sono stati utilizzati valori noti in letteratura.

Profondità dal p.c. (m)	ONDE P		ONDE S		Coeff. di Poisson	Moduli elastici			γ (t/mc)
	Tempi (ms)	Velocità (m/s)	Tempi (ms)	Velocità (m/s)		Young (kg/cm ²)	Taglio (kg/cm ²)	Bulk (kg/cm ²)	
2	3.2	625.0	6.4	313	0.33	5044	1891	5044	1.9
4	9.2	435.9	13.2	303	0.03	3480	1689	1235	1.8
6	12.6	477.6	20.1	299	0.18	4073	1727	2114	1.9
8	10.0	803.5	18.4	435	0.29	9484	3669	7612	1.9
10	13.8	724.9	21.4	467	0.15	6620	2891	3108	1.3
12	12.7	944.1	24.9	483	0.32	11308	4273	10656	1.8
14	15.3	913.1	33.8	414	0.37	9105	3322	11720	1.9
16	17.9	892.8	46.2	346	0.41	6563	2325	12337	1.9
18	22.9	785.3	58.0	311	0.41	4704	1671	8459	1.7
20	28.9	692.3	64.0	312	0.37	6829	2489	8896	2.5
22	33.0	665.8	68.8	320	0.35	7029	2603	7826	2.5
24	36.9	649.9	74.9	321	0.34	7017	2620	7271	2.5
26	39.4	659.3	79.9	326	0.34	7232	2701	7477	2.5
28	41.9	667.6	82.9	338	0.33	7725	2909	7481	2.5

In figura 6 si riportano le dromocrone (curve i cui parametri sono rappresentati dal tempo corretto e dalla profondità) e le velocità intervallo in funzione della profondità allo scopo di visualizzare le disomogeneità presenti nelle litologie attraversate. La sismostratigrafia ricostruita è riportata in figura 7 e i diversi sismostrati sono evidenziati dalle linee orizzontali poste sul grafico. Sono stati individuati quattro sismostrati.

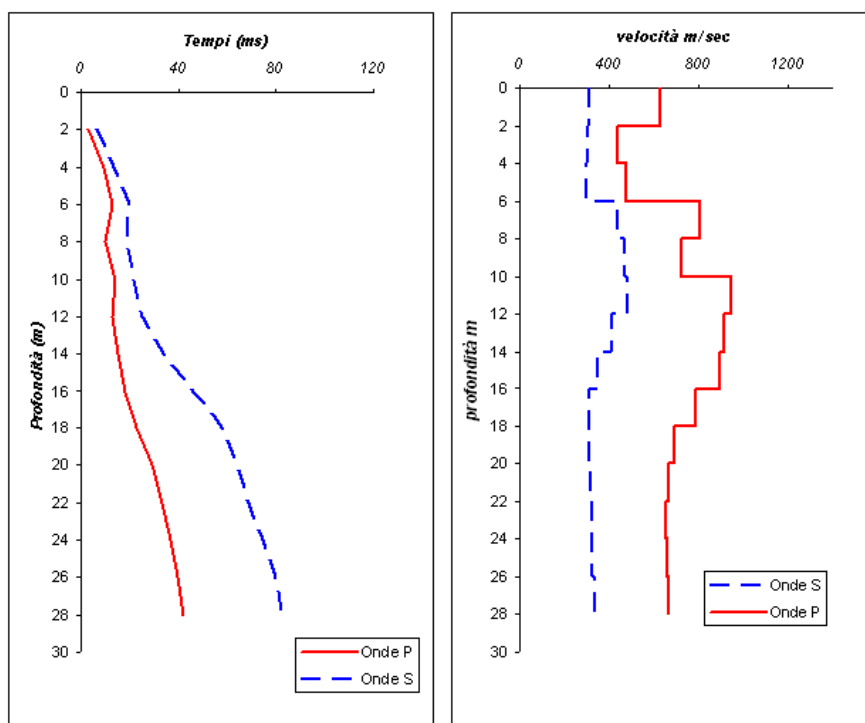


Figura 6: Rappresentazione grafica delle dromocrone e delle velocità intervallo in funzione della profondità.

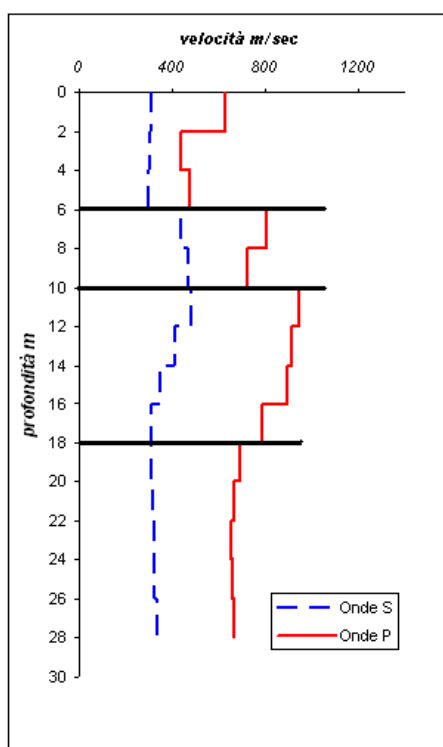


Figura 7: Delimitazione del top ed il botton dei 4 sismostrati individuati rappresentati dalle linee nere orizzontali.

I parametri sismici ed elastici relativi a questi sismostrati sono mostrati nella seguente tabella dalla quale si evince chiaramente che sono stati individuati quattro sismostrati:

n° str	spessore	γ (g/cc)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	ν	E (Kg/cq)	K (Kg/cq)	G (Kg/cq)
1	6.00	1.85	613	363	0.23	6130	3779	2493
2	4.00	1.73	869	428	0.34	8625	8993	3218
3	8.00	1.55	737	322	0.38	4532	6410	1639
4	12.00	2.50	659	328	0.34	7329	7418	2744

In dettaglio i sismostrati presentano le seguenti caratteristiche:

- il primo orizzonte, dello spessore di 6 m, ha fatto registrare una velocità media delle onde longitudinali di 613 m/s e una velocità media delle onde S di 363 m/s;
- il secondo orizzonte, che si segue fino a 10 metri, è caratterizzato da Vp di 869 m/s e Vs pari a 428 m/s;
- il terzo orizzonte, che si segue fino a 18 metri, è caratterizzato da Vp di 737 m/s e Vs pari a 322 m/s;
- infine, il quarto ed ultimo sismostrato individuato è caratterizzato da una velocità media delle onde longitudinali di circa 659 m/s e da onde trasversali la cui velocità media è di circa 328 m/s.

Il valore di Vs30 calcolato è pari a 340 m/s a cui è associato un suolo di tipo B.

La individuazione delle Vs e degli spessori sismici hanno consentito di valutare l'accelerazione massima in superficie e il valore massimo del FAD. I grafici relativi e i valori misurati sono riportati di seguito:

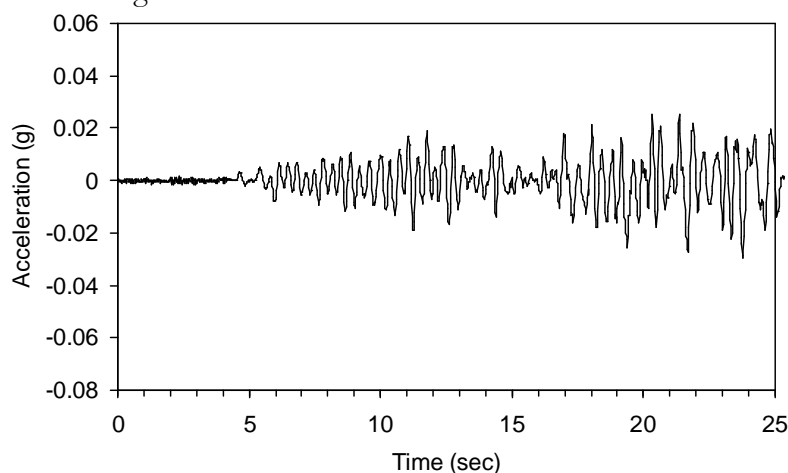


Figura 8: diagramma di accelerazione massima che è possibile stimare in superficie è pari a 0.065

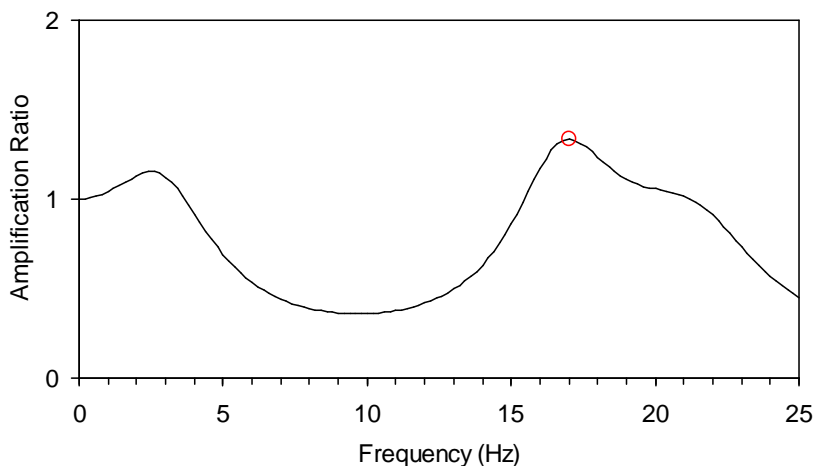



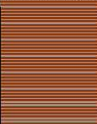
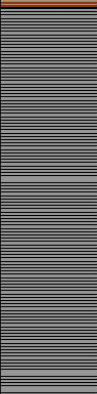
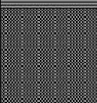
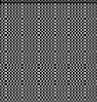


Figura 9: il valore massimo del FAD calcolato è pari a 1.34

6.0 – Stratigrafia dell'area

Attraverso l'analisi condotta sui terreni estratti dai due carotaggi eseguiti per la realizzazione della Stazione del Circumvesuviana di Madonna dei Flagelli nel territorio comunale di Torre Annunziata (NA) denominati SST1 ed SST2 e dal carotaggio geoarcheologico DAI16 realizzato a ridosso dell'area di sedime di Villa Regina, è stato possibile ricostruire in modo puntuale la stratigrafia dell'area. In particolare sono state riconosciute le sequenze vulcaniche, i marker cronostratigrafici, i livelli di paleosuolo che hanno permesso, tra l'altro, di poter collocare gli eventi che hanno portato all'attuale assetto geoambientale dell'area, in preciso contesto temporale. Di seguito si riporta la descrizione di ogni singolo livello riconosciuto.

Ditta esecutrice: GEOMED S.r.l. geoarcheologia e geologia ambientale					SST1					
lavoro: OPERE DI COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA CIRCUMVESUVIANA TORRE ANNUNZIATA - CASTELLAMMARE DI STABIA. SONDAGGI GEOGNOSTICI PER LA PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA DEL 1° STRALCIO - Loc. Madonna dei Flagelli - DATI PRELIMINARI										
metodo di perforazione: rotazione continua										
quota boccaforo (m s.l.m.): 15,70 m										
					utensile:					
					inclinazione: 0°					
Falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH				Campioni Indisturbati	complesso litologico
					n. colpi					
					20	40	60	80	100	
	1,00	1,00		Pezzame calcareo in matrice terrosa - Riporto antropico.						N.C.
	2,50	1,50		Terra vegetale sabbiosa limosa di natura piroclastica, sciolta o debolmente coesiva - Paleosuolo su prodotti piroclastici ridepositati e rimaneggiati.						D
	2,70	0,20		Terra vegetale a granulometria sabbiosa, humificata, evoluta, di colore marrone - Paleosuolo						
		1,30		Successione di sabbie e limi di natura piroclastica di colore nerastro, ridepositate, sciolte, con caratteristiche geomeccaniche mediocri - Piroclastiti relative ad eventi eruttivi di età storica.						B
	4,00									
		4,00		Limi e sabbie di natura piroclastica, struttura da laminare a stratificazione incrociata, elevato grado di addensamento, con alternanza di bancate estremamente ricche in pisoliti accrezionali, di colore grigio verdastro - Depositi di surge piroclastico relativi all'eruzione del 79 d.C.						C
	8,00									
		1,00		Lapilli di pomici granosostenute di colore grigio, a struttura aperta, molto subordinata la presenza di litici - Deposito di fall-out piroclastico relativo all'eruzione del 79 d.C.						C
	9,00									
		1,00		Lapilli di pomici granosostenute di colore grigio chiaro a struttura aperta - Deposito di fall-out piroclastico relativo all'eruzione del 79 d.C.						
	10,00									

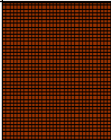
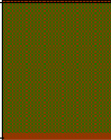


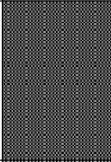
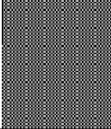
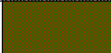
Ditta esecutrice: GEOMED S.r.l. geoarcheologia e geologia ambientale		SST1
lavoro: OPERE DI COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA CIRCUMVESUVIANA TORRE ANNUNZIATA - CASTELLAMMARE DI STABIA. SONDAGGI GEOGNOSTICI PER LA PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA DEL 1° STRALCIO - Loc. Madonna dei Flagelli - DATI PRELIMINARI		
metodo di perforazione: rotazione continua	utensile:	
	inclinazione: 0°	

falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH					Campioni Indisturbati	complesso litologico
					n. colpi						
					20	40	60	80	100		
	10,80	0,80		Terra vegetale limo sabbiosa a basso grado di addensamento, impostata su prodotti piroclastici rimaneggiati - Paleosuolo antecedente il 79 d.C.							D
	11,00	0,20		Lapilli di litici e pomici di colore grigio a medio grado di addensamento - Prodotti piroclastici di età protostorica.							E
	11,20	0,20		Limi di natura piroclastica, di colore nerastro, addensati - Prodotti piroclastici di età protostorica.							
	12,10	0,90		Alternanza di sabbie e limi ad apprezzabile grado di addensamento di colore grigio scuro - Prodotti piroclastici di età protostorica.							D
	12,80	0,70		Successione di sabbie piroclastiche ridepositate debolmente addensate a variabile grado di humificazione - Prodotti piroclastici ridepositati.							
13,40	13,90	1,10		Limi sabbiosi di colore marrone-nerastro giallastro, ben humificati, evoluti, fragili, aerati, contengono minute pomici gialle dell'eruzione di Mercato a basso grado di addensamento - Paleosuolo di formazione neolitica.							C2
	17,80	3,90		Sabbie e ghiaie a struttura massiva, ridepositate, di natura piroclastica, di colore grigio, a basso grado di addensamento - Deposito di ambiente paralico.							D
	19,50	1,70		Successione indifferenziata di piroclastiti limo sabbiose e ghiaia minuta a tratti fortemente addensata, di consistenza semillitoide - Terreni legati al disfacimento del sottostante bedrock lavico.							F
	20,00			Lava compatta di colore grigio violaceo, a struttura microcristallina, con dispersi fenocristalli pirossenici, a livelli bollosa - Bedrock lavico del Somma.							G

Ditta esecutrice: GEOMED S.r.l. geoarcheologia e geologia ambientale		SST1
lavoro:	OPERE DI COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA CIRCUMVESUVIANA TORRE ANNUNZIATA - CASTELLAMMARE DI STABIA. SONDAGGI GEOGNOSTICI PER LA PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA DEL 1° STRALCIO - Loc. Madonna dei Flagelli - DATI PRELIMINARI	
metodo di perforazione: rotazione continua	utensile:	
	inclinazione: 0°	

falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH					Campioni indisturbati	complesso litologico
					n. colpi						
					20	40	60	80	100		
	31,00	10,50		Lava compatta di colore grigio violaceo, a struttura microcristallina, con dispersi fenocristalli pirossenici, a livelli bollosa - Bedrock lavico del Somma.							G

Ditta esecutrice: GEOMED S.r.l. geoarcheologia e geologia ambientale		SST2
lavoro: OPERE DI COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA CIRCUMVESUVIANA TORRE ANNUNZIATA - CASTELLAMMARE DI STABIA. SONDAGGI GEOGNOSTICI PER LA PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA DEL 1° STRALCIO - Loc. Madonna dei Flagelli - DATI PRELIMINARI		
metodo di perforazione: rotazione continua	utensile:	
quota boccaforo (m s.l.m.): 15,70 m	inclinazione: 0°	

Falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH					Campioni Indisturbati	complesso litologico
					n. colpi						
					20	40	60	80	100		
	1,20	1,20		Pezzame calcareo in matrice terrosa - Riporto antropico.							N.C.
	2,30	1,10		Terra vegetale sabbiosa limosa di natura piroclastica, sciolta o debolmente coesiva - Paleosuolo su prodotti piroclastici ridepositati e rimaneggiati.							D
	4,30	2,00		Successione di sabbie e limi di natura piroclastica di colore nerastro, ridepositate, sciolte, con caratteristiche geomeccaniche mediocri - Piroclastiti relative ad eventi eruttivi di età storica.							
	7,00	2,70		Limi e sabbie di natura piroclastica, struttura da laminare a stratificazione incrociata, elevato grado di addensamento, con alternanza di bancate estremamente ricche in pisoliti accrezionali, di colore grigio verdastro - Depositi di surge piroclastico relativi all'eruzione del 79 d.C.							B C1
	8,30	1,30		Lapilli di pomici granosostenute di colore grigio, a struttura aperta, molto subordinata la presenza di litici - Deposito di fall-out piroclastico relativo all'eruzione del 79 d.C.							C
	9,50	1,20		Lapilli di pomici granosostenute di colore grigio chiaro a struttura aperta - Deposito di fall-out piroclastico relativo all'eruzione del 79 d.C.							
	10,00	0,50		Terra vegetale limo sabbiosa a basso grado di addensamento, impostata su prodotti piroclastici rimaneggiati - Paleosuolo antecedente il 79 d.C.							D

falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH					Campioni Indisturbati complesso litologico	
					n. colpi						
					20	40	60	80	100		
	10,30	0,30		Lapilli di litici e pomici di colore grigio a medio grado di addensamento - Prodotti piroclastici di età protostorica.							
	10,70	0,40		Limi di natura piroclastica, di colore nerastro, addensati - Prodotti piroclastici di età protostorica.							C2
				Alternanza di sabbie e limi ad apprezzabile grado di addensamento di colore grigio scuro - Prodotti piroclastici di età protostorica.							E
	11,60	0,90									
	11,80	0,20		Successione di sabbie piroclastiche ridepositate debolmente addensate a variabile grado di humificazione - Prodotti piroclastici ridepositati.							
	13,40	2,90		Limi sabbiosi di colore marrone-nerastro giallastro, ben humificati, evoluti, fragili, aerati, contengono minute pomici gialle dell'eruzione di Mercato a basso grado di addensamento - Paleosuolo di formazione neolitica.							C3
	14,70										D

Ditta esecutrice: GEOMED S.r.l. geoarcheologia e geologia ambientale		SST2
lavoro: OPERE DI COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA CIRCUMVESUVIANA TORRE ANNUNZIATA - CASTELLAMMARE DI STABIA. SONDAGGI GEOGNOSTICI PER LA PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA DEL 1° STRALCIO - Loc. Madonna dei Flagelli - DATI PRELIMINARI		
metodo di perforazione: rotazione continua	utensile:	
	inclinazione: 0°	

falda	profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	DPSH					Campioni Indisturbati	complesso litologico
					n. colpi						
					20	40	60	80	100		
	31,00	11,00		Lava compatta di colore grigio violaceo, a struttura microcristallina, con dispersi fenocristalli pirossenici, a livelli bollosa - Bedrock lavico del Somma.							G

Ditta esecutrice: GEOMED s.r.l.		DAI 16
lavoro: Progetto di ricerca geoarcheologico "Ricostruzione dei paleo-paesaggi nella Piana del F. Sarno". Campagna 2008 - loc. villa regina		
metodo di perforazione: rotazione continua	analisi/interpretazione geoarcheologica: dott. G. Di Maio	
quota boccaforo (m s.l.m.):	inclinazione: 0°	

profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	COMPLESSO GEOLITOLOGICO
0,50	0,50		Terreno vegetale bruno/grigiastra, massiva, limo/sabbiosa con ghiaia di litici. Suolo attuale	COMPLESSO A
0,60	0,10		Cineriti debolmente addensate, grigiastre, stratoidi. (1944?)	
0,70	0,10		Ghiaia di litici e scorie anche grossolane, nerastre. Fallout 1944	
1,10	0,40		Terra vegetale abbastanza evoluta, piroclastica, limo/sabbiosa, a scheletro ghiaioso - colore marrone - verso il basso aumenta il contenuto in scorie - suolo di epoca moderna	
1,50	0,40		Scorie sciolte, fibrose, grossolane, di colore nero. Fallout relativo ad evento esplosivo di epoca moderna	
1,55	0,05		Terra vegetale bruno marrone, piroclastica, aerata, massiva. Paleosuolo di età storica ?	
2,10	0,45		Piroclastiti limo/sabbiose subordinatamente ghiaiose - grigiastre - in alternanza a veri e propri livelli di lapilli e scorie grossolane. Vulcanoclastite relativa ad evento esplosivo di età storica.	
2,20	0,10		Pomici rielaborate e ridepositate, accumulo eluviale in matrice sabbioso cineritica	
2,50	0,30		Sabbie e ghiaie piroclastiche grigio nere, rielaborate, evolute, eluviali, con vere e proprie strutture laminari evidenziate anche da treni di elementi grossolani/arrivi successivi. Accumulo eluviale di età storica	
2,60	0,10		Cineriti sabbiose bruno giallastre pseudoprimerie. Vulcanoclastite di età storica	
2,70	0,10		Sabbie e lapilli grigiastri, sciolti. Scarsa presenza di ceneri. Vulcanoclastiti di età storica ?	COMPLESSO E
3,00	0,30		Sabbie e ghiaie di pomici - elementi anche molto evoluti rielaborati (accumulo eluviale) - ammasso stratoide da sciolto a debolmente addensato. Buona presenza diffusa di matrice debolmente limoso/terrosa. Alla base caratteristiche di deposizione pseudoprimeria/vulcanoclastica. Colmata eluviale di età storica.	
3,90	0,90		Successione indifferenziata di cineriti sabbiose di colore da grigio a grigio bruno sottilmente stratificate, inglobano pomici da minute a grossolane anche arrotondate - scarsa matrice tranne che in un sottile livello a matrice anche ben umificata di colore marrone. Verso il basso la matrice a apprezzabilmente umificata. Colmata alluvionale di età (colata di fango) di età storica.	
4,05	0,15		Terra piroclastica ben umificata, piroclastica, limo/sabbiosa - grigio/bruno. Paleosuolo di età storica	
4,20	0,15		Cinerite sabbiosa stratoide di colore beige con pomici subarrotondate inglobate. Vulcanoclastite di età storica	
4,30	0,10		Alternanza laminare di cineriti debolmente addensate da grigiastre a grigio beige da sabbiose a limose. Vulcanoclastiti di età storica ?	
4,40	0,10		Sabbie e ghiaie stratoidi, ad elementi anche ben arrotondati, di colore grigiastro - elementi essenzialmente evoluti con treni/livellati di pomici rielaborate da sciolte a debolmente addensate in matrice debolmente umificata. Accumulo eluviale di età storica.	
5,00	0,60		Sabbie sciolte, grossolane, piroclastiche, stratoidi, di colore nerastro - matrice limosa non umificata. Accumulo eluviale di età storica	
5,60	0,60		Sabbie piroclastiche sciolte, grossolane con elementi anche grossolani (centimetrici) inglobati subarrotondati - prive di matrice. Colore grigiastro. Contatto basale netto/erosivo. Accumulo eluviale di età storica ?	
6,00	0,40		Pomici grossolane e subordinati litici. Ammasso sciolto - pomici di colore grigio. Fallout 79 d.C.	COMPLESSO D
6,20	0,20		Intercalare cineritico grigiastro, massivo. Primo surge ? 79 d.C.	
7,00	0,80		Pomici grossolane grigiastre, sciolte, miste a subordinati litici. Fallout 79 d.C.	
8,00	1,00		Pomici grossolane bianche miste ad abbondanti litici. Fallout 79 d.C.	
8,70	0,70		Terra piroclastica, sabbioso ghiaiosa poco evoluta - massiva, caotica, aerata. Paleosuolo 79 d.C.	COMPLESSO A
9,00	0,30		Sabbie e ghiaie piroclastiche pseudoprimerie, grigio/nerastre, massive, aerate - matrice solo debolmente umificata. Piroclastiti rimaneggiate.	COMPLESSO D
9,70	0,70		Sabbie e ghiaie piroclastiche da stratoidi a caotiche - da primarie a rimaneggiate - da 9,20 a 9,30 ghiaia litica di colore violaceo AP2 - prodotti piroclastici	
9,80	0,10		Terra piroclastica bruno/nerastra, massiva, caotica, aerata - debolmente umificata. Paleosuolo dell'età del Bronzo	COMPLESSO A
9,82	0,02		Cineriti sabbiose debolmente addensate - grigiastra, massiva, mista a ghiaia litica. Alla base evidenza di articolazioni/filling tracce di aratura. Piroclastite relativa ad evento esplosivo del ciclo protostorico	COMPLESSO D
10,00	0,18		Terra piroclastica evoluta di colore bruno/nerastro - massivo, aerato, caoticizzato. Paleosuolo riesumato da pratiche agricole protostoriche	COMPLESSO A

Ditta esecutrice: GEOMED s.r.l.				DAI 16
lavoro: Progetto di ricerca geoarcheologico "Ricostruzione dei paleo-paesaggi nella Piana del F. Sarno". Campagna 2008 - loc. villa regina				
metodo di perforazione: rotazione continua		analisi/interpretazione geoarcheologica: dott. G. Di Maio		
quota boccaforo (m s.l.m.):		inclinazione: 0°		

profondità dal p.c. (m)	potenza strati (m)	simbologia	descrizione litologica	COMPLESSO GEOLITOLOGICO
10,05	0,05		Sottile livello di ceneri vulcaniche grigiastre - sigilla tracce di aratura. Piroclastite relativa ad evento esplosivo protostorico.	COMPLESSO D
10,15	0,10		Terra piroclastica omogenea, massiva, bruno marrone - apparentemente non rimaneggiata - molto evoluta a granulometria limo sabbiosa. Pedomarker B	COMPLESSO A
10,90	0,75		Terra piroclastica bruno scuro, evoluta, massiva, con diverse pomici grossolane grigio/rosa (evento esplosivo delle c.d. pomici di Mercato) presenti a vari altezze. Pedomarker B	
11,40	0,50		Terra piroclastica limosabbiosa - cineritica, di colore bruno giallastro, massiva, omogenea. Pedomarker B parte illuviale	
12,60	1,20		Piroclastiti sabbioso limose di colore bruno giallastro, eluviali, con pomici grossolane inglobate, molto arrotondate, ad elementi molto maturi; il contenuto in pomici aumenta con la profondità. Ammasso semilitoide/addensato. Flusso piroclastico di chiusura dell'evento delle c.d. pomici di Mercato (9.000 y.B.P.)	COMPLESSO D
12,70	0,10		Pomici grossolane, aciculari, fibrose, sciolte, miste a pochi litici. Fallout dell'evento pliniano di Mercato (9.000 y. B.P.)	COMPLESSO C
13,20	0,50		Terra piroclastica bruno/giallastro, cineritico/limosa mista ad abbondanti minute scorie laviche ed analcime - molto alterate. Pedomarker A ?	COMPLESSO A
13,30	0,10		Intercalare costituito quasi esclusivamente di piccole scorie ad analcime - non primario. Accumulo eluviale ??	COMPLESSO E
13,70	0,40		Sabbie e ghiaie piroclastiche debolmente limose da massive a stratoidi, sciolte - con grossi litici - matrice parzialmente umificata. Accumulo eluviale ?	
14,00	0,30		Scorie ad analcime di colore da bianco nerastro a giallastro con intercalari cineritici debolmente addensati. Accumulo eluviale	
14,30	0,30		Sabbie limose di colore grigiastro sciolte. Accumulo eluviale	
15,00	0,70		Ceneri vulcaniche miste a ghiaia minuta piroclastica - colore grigiastro. Vulcanoclastiti ?	

7.0 – Caratterizzazione geomeccanica dei complessi litotecnici e costituzione d'insieme del sottosuolo

I dati delle indagini considerate hanno permesso di definire l'assetto geologico - stratigrafico di dettaglio dell'area interessata dal Progetto Coperture: manutenzione ordinaria e straordinaria delle coperture, delle strutture murarie e degli apparati decorativi di "Villa Regina" presso gli Scavi di Boscoreale, fornendo i dati per la comprensione delle problematiche geologiche.

Nella zona di Villa Regina, al di sotto della coltre dei terreni di copertura costituita da depositi cineritici sabbiosi con livelli cineritici e cineritici sabbiosi legati ad attività vulcanica recente, dello spessore pari circa ad due metri (COMPLESSO A), localmente al di fuori dell'area di sedime di Villa Regina si rinviene una consistente successione di terreni di origine piroclastica eluviali rimaneggiati a tratti humificati, probabilmente legati alla presenza di un canale di età medievale il quale ha eroso completamente i prodotti di surge piroclastico dell'eruzione del 79 d.C. Tali terreni essenzialmente limo sabbiosi sono caratterizzati da mediocri valori dei parametri geomeccanici (COMPLESSO E).

La successione stratigrafica che caratterizza il sottosuolo di Villa Regina al di sotto dei depositi del complesso A, come chiaramente appare lungo le pareti di scavo prosegue con i depositi cineritici di chiusura dell'evento pliniano del 79 d.C. (COMPLESSO B) caratterizzati da buone grandezze geomeccaniche. Seguono verso il basso i prodotti da fallout dell'eruzione del 79 d.C. costituiti da pomice sciolte, eterometriche caratterizzate da un certo grado di rimaneggiamento (COMPLESSO C) e dalle scadenti grandezze meccaniche.

La serie poggia sui depositi terroso piroclastici costituenti il paleosuolo del 79 d.C, dalle scadenti caratteristiche meccaniche (COMPLESSO A) a cui segue una successione di sabbie e ghiaie piroclastiche parzialmente rimaneggiate dalle buone caratteristiche tecniche relative alle eruzioni c.d. protostoriche (COMPLESSO D); tali terreni passano verso il basso a successioni a tratti fortemente pedogenizzate di età neolitica e paleolitica (COMPLESSO A) dalle scadenti caratteristiche litotecniche separate da sottili livelli cineritici pseudo addensati prima dalle buone caratteristiche geomeccaniche (COMPLESSO D) e poi pomicei (COMPLESSO C) dalle scadenti caratteristiche meccaniche, attribuibili all'eruzione di Mercato (8.000 yrs B. P.) La serie indagata termina all'interno di una successione di depositi eluviali essenzialmente sabbioso ghiaiosi dalle discrete caratteristiche geomeccaniche (COMPLESSO E). La presenza del bedrock lavico (COMPLESSO F) è stata rilevata in zone immediatamente limitrofe oltre i sedici metri di profondità dal p.c.

COMPLESSO A - Complesso dei suoli e dei paleosuoli (paleosuolo età del bronzo, pedomarker B, paleosuoli policiclici di età preistorica). Successione di livelli di terra piroclastica, , ceneri humificate, limi humificati, cineriti legate ad attività piroclastica di età storica con piccoli intercalari sabbiosi variamente addensati ed arrivi di ghiaie. In detto spessore vengono inglobati terreni dalle caratteristiche geomeccaniche eterogenee, ma assunte generalmente scadenti. Complessivamente possiamo assumere:

SPESSORE MIN	~	0,10 m
SPESSORE MAX	~	1,35 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)		12,42 - 15,88
DENSITÀ RELATIVA		40 - 60%
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ		29 °
COESIONE c (KPA)		0,33 - 10,36
PERMEABILITÀ		BASSA O MOLTO BASSA

COMPLESSO B - Successione di cineriti addensate localmente rimaneggiate relative alle fasi di chiusura dell'eruzione del 79 d.C., granulometricamente assimilabile a delle sabbie limose e ghiaiose, inglobano diffuse pomici minute e sono caratterizzate da un moderato grado di addensamento. Tali terreni si rinvencono con buona continuità laterale, e per spessori significativi (mediamente di circa 4.0 metri). Elevata la possibilità di interferenza con gli apparati fondali delle opere a farsi. Le caratteristiche geotecniche sono le seguenti:

SPESSORE MED.	~	2,50 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)		20 – 21
DENSITÀ RELATIVA		80 - 100 %
NSPT MEDIO		20
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ		32 - 36°
COESIONE C (kg/cm ²)		0.00
PERMEABILITÀ		BASSA
Vs		560 M/s

Le caratteristiche dei terreni appartenenti a tale complesso non pongono particolari problemi geotecnici.

COMPLESSO C - Prodotti piroclastici da fall dell'eruzione del 79 d.C. localmente dilavati e ridepositati. I termini pomicei, rappresentano la fase di fall piroclastico messo in posto a seguito dell'evento eruttivo vesuviano di tipo pliniano del 79 d.C. Il complesso mostra un grado di addensamento alquanto basso, presentandosi spesso sciolto. Le caratteristiche geomeccaniche di questo orizzonte risultano scadenti :

SPESSORE MAX.	~2,40 m
SPESSORE MIN.	~ 0,50 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)	9 - 10
DENSITÀ RELATIVA	55 - 65%
POROSITÀ	ELEVATA
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ	28° - 31°
COESIONE c (kg/cm ²)	0.00
PERMEABILITÀ (CONDUCIBILITÀ IDRAULICA)	ELEVATA (10 ⁻² - 10 ⁻³ cm/s)

con repentini aumenti (fino a due ordini di grandezza) in corrispondenza di livelli ghiaioso sabbiosi (pomici prevalenti) con ridotto contenuto limoso

Le particolari caratteristiche dello stesso, pongono quindi l'accento sulle seguenti problematiche:

- Possibilità di rifluimento e successiva individuazione di scavarnamenti laterali e successiva "migrazione" degli stessi vuoti;
- Possibilità di venute d'acqua localizzate da imputare a cause antropiche oltre che all'elevata permeabilità del litotipo.

COMPLESSO D - successione di livelli di cineriti e sabbie a struttura spesso sottilmente laminata e dalla tipica colorazione grigio azzurrognola talora con pisooliti, a luoghi sono presenti livelli a granulometria più grossolana prevalentemente di natura litica con elementi a spigoli vivi; le buone caratteristiche dei terreni appartenenti a tale orizzonte (che localmente in corrispondenza dei livelli sabbiosi possono assumere valori leggermente più bassi) sono probabilmente legate, come per il surge di chiusura dell'eruzione del 79 d.C., ai particolari processi di neoformazione di minerali tipo zeoliti che si realizza prevalentemente durante le fasi di raffreddamento dei surges. Appartengono a tale complesso i depositi cineritici di età protostorica e i depositi cineritici da flusso piroclastico dell'eruzione di Mercato. Le caratteristiche geomeccaniche complessive possono essere riassunte attraverso i seguenti valori:

SPESSORE	~1,00 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)	15 – 16
DENSITÀ RELATIVA	60 - 70%
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ	30 - 32°
COESIONE c (kg/cm ²)	0.00
PERMEABILITÀ	MEDIA PER POROSITÀ

Tali litotipi, all'interno dei quali probabilmente risultano allocate le fondazioni della struttura di Villa Regina, sono complessivamente dotate di buone caratteristiche geomeccaniche e non pongono particolari problemi. Tuttavia lo spessore piuttosto contenuto sconsiglia la realizzazione di pratiche (scavi, tagli, ecc.) che possano ridurne la potenza, inducendo locali fenomeni di rottura per punzonamento

COMPLESSO E- Successione di limi sabbiosi e sabbie ghiaiose sciolte costituenti a tratti veri e propri orizzonti pedogenizzati impostati prevalentemente su piroclastiti sciolte relative ad eruzioni vesuviane di età storica e protostorica. Il complesso è in via cautelativa è stato considerato come caratterizzato da mediocri valori dei parametri geomeccanici, anche se localmente può essere dotato di anche buone caratteristiche meccaniche. Tale complesso si rinviene a partire poco al di sotto del piano campagna fino a profondità di circa 5.60 metri ed a profondità.

Le caratteristiche geotecniche "medie" sono le seguenti:

SPESSORE MISURATO.	>2,00 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)	18 – 19
DENSITÀ RELATIVA	40 - 60%
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ	29,4 – 31,1°
COESIONE c (kg/cm ²)	0,00
PERMEABILITÀ	MEDIA PER POROSITÀ

Le particolari proprietà dello stesso pongono quindi l'accento sulle seguenti problematiche:

- Possibilità di cedimenti e compattazione dei livelli;
- Qualche possibilità di venute d'acqua localizzate all'interfaccia con il soprastante livello ad alta porosità da imputare a cause antropiche oltre che all'elevata permeabilità del litotipo.

COMPLESSO F - successioni di lave litoidi di età preistorica costituenti il bedrock locale con andamento del tetto fortemente articolato. La superficie del complesso è caratterizzata da microrilievi legati a fenomenologie proprie della messa in posto delle colate laviche quali cunicoli di scorrimento, bolle di degassazione superficiale, fratture da raffreddamento, ecc. attualmente parzialmente riempite da materiale fine quale ceneri ma anche sabbie e ghiaie. Generalmente, si tratta di una formazione litoide caratterizzata da una estrema abbondanza di vacuoli da degassazione e da pasta prevalentemente vetrosa.

Le caratteristiche geomeccaniche complessive risultano:

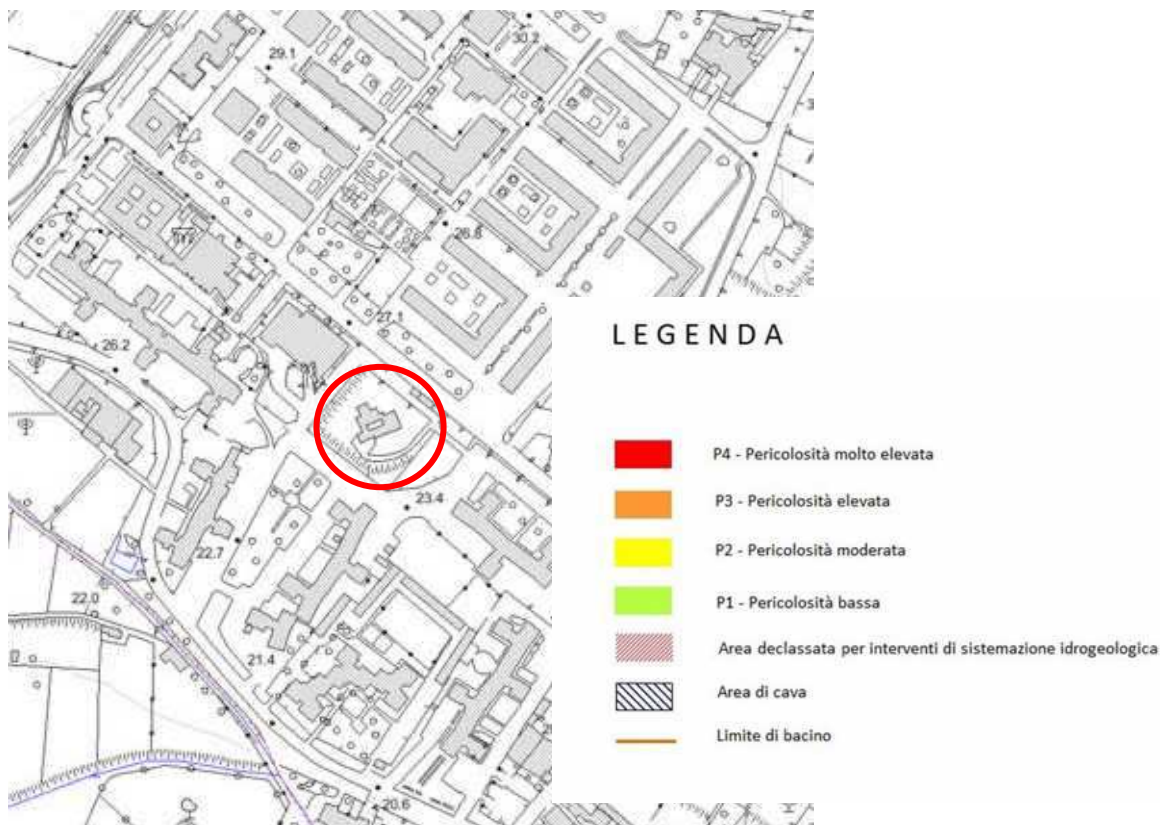
SPESSORE	>10,00 m
PESO UNITÀ DI VOLUME γ (kN/m ³)	21.5 – 22.5
DENSITÀ RELATIVA	40 - 60%
ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ϕ	> 45°
RESISTENZA A ROTTURA (N/mm ²)	23 - 113
MODULO DI ELASTICITÀ (MP _a)	5.000 - 6.000
PERMEABILITÀ	MEDIO ALTA PER FRATTURAZIONE

Il complesso non presenta alcun problema di natura geotecnica.

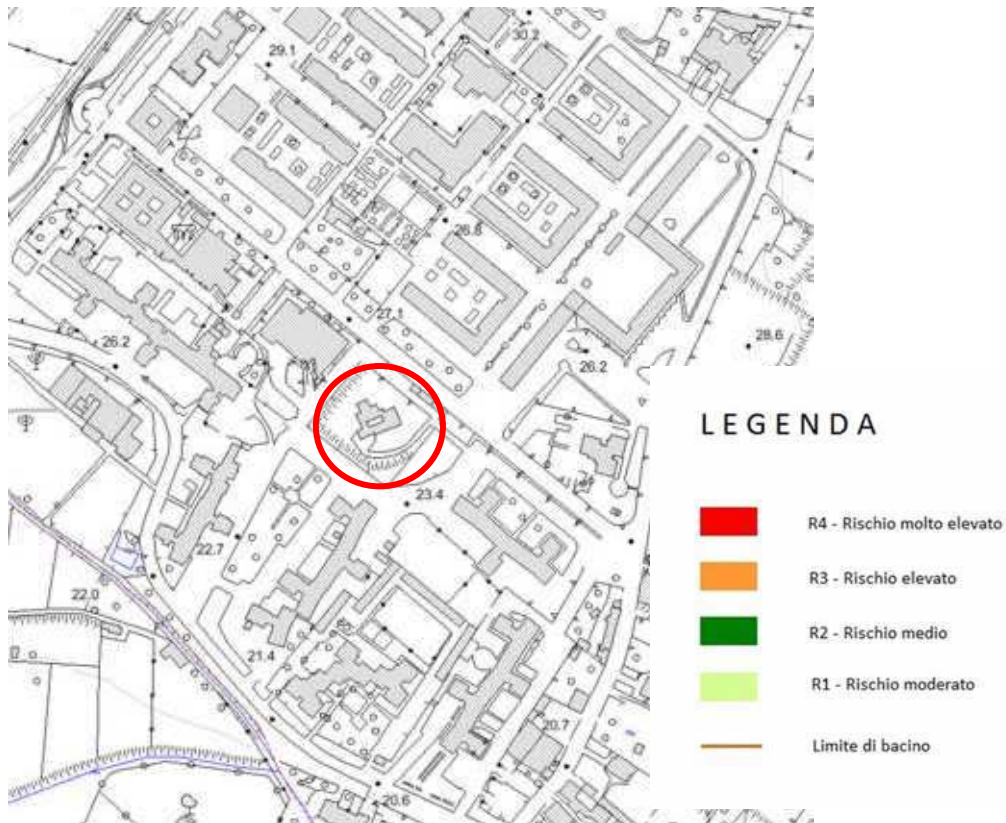
8.0 – Inquadramento del sito nell'ambito del piano stralcio della AUB della Campania Centrale

La zona interessata dalle opere in progetto, nell'ambito del piano stralcio elaborato dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale, ricade in un'area caratterizzata da rischio/pericolosità da frana, pericolosità idraulica e rischio colate nullo, (vedi stralci cartografici allegati).

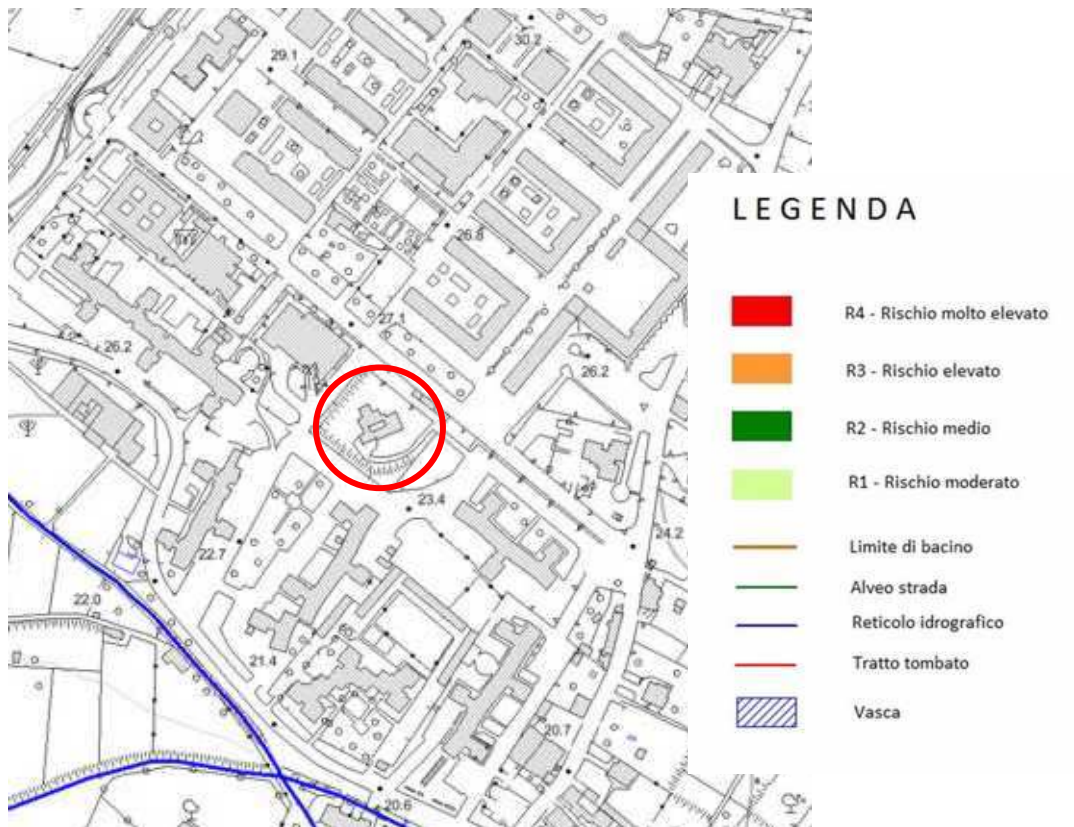
Pertanto la realizzazione delle opere in progetto, come contenuto nelle norme di attuazione del piano stralcio, non appare vincolata al rispetto di prescrizioni particolari.



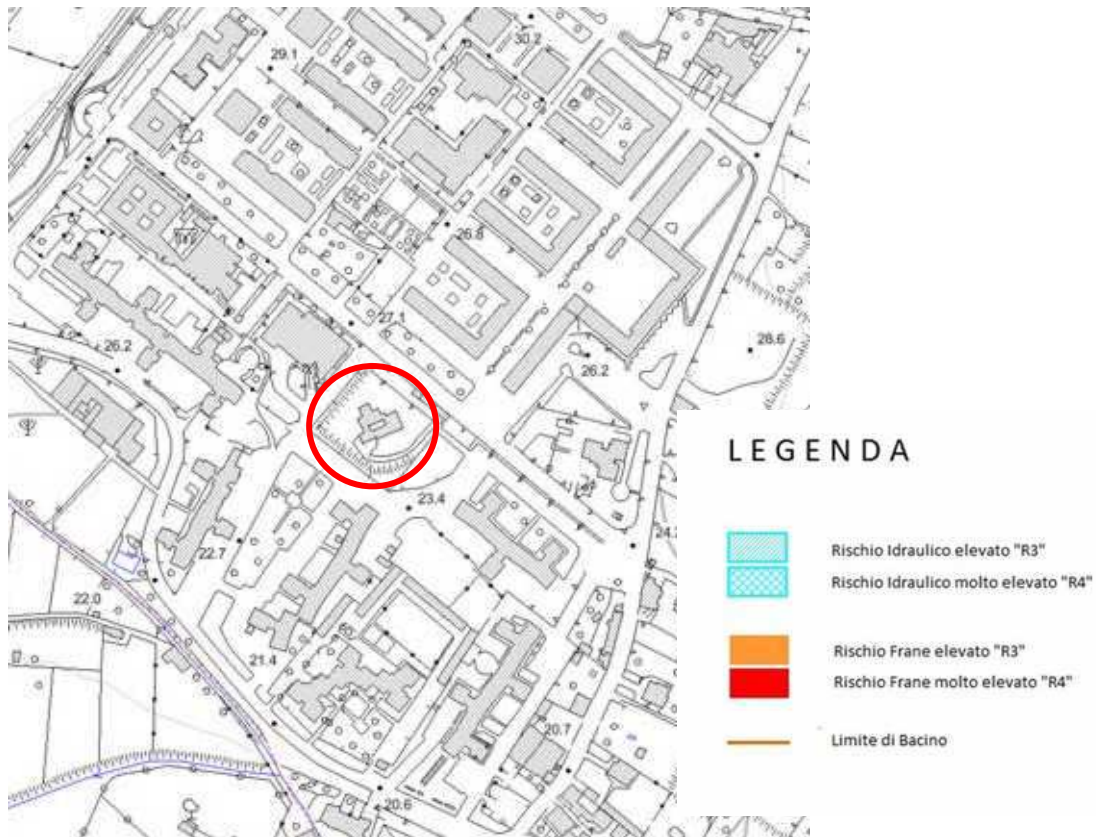
STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - PERICOLOSITA' DA FRANA - SCALA 1:5000



STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE - RISCHIO DA FRANA SCALA 1:5000



STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE – PERICOLO IDRAULICO SCALA 1:5000



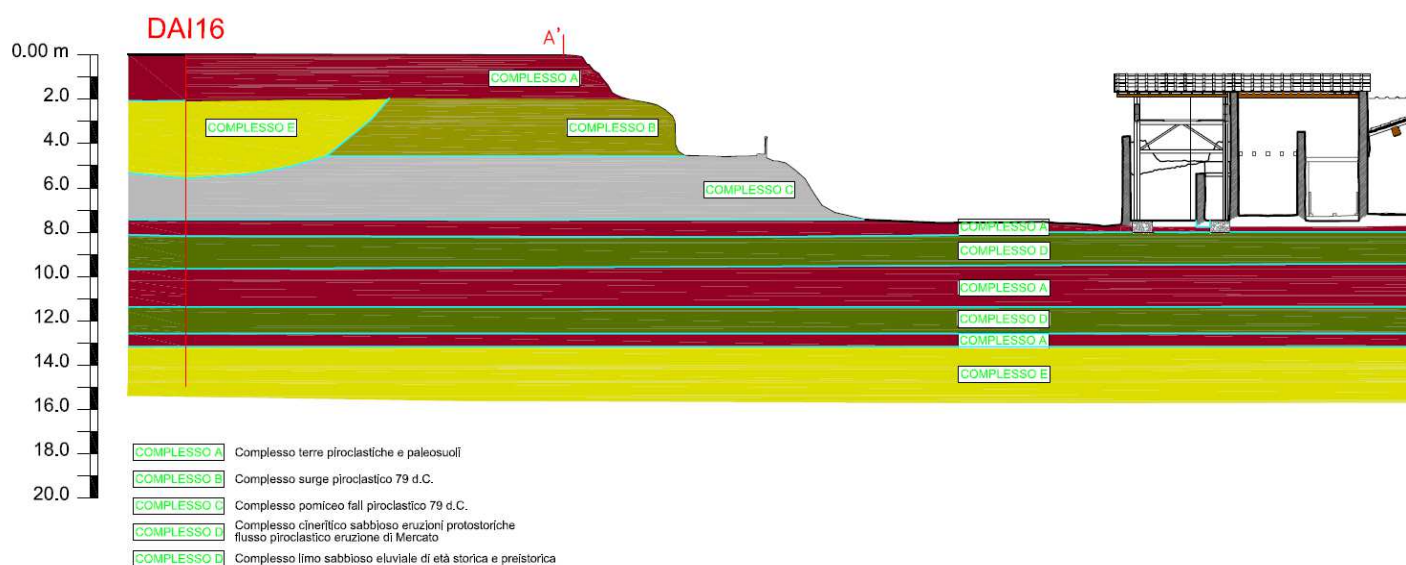
STRALCIO PLANIMETRIA AUB CAMPANIA CENTRALE – RISCHIO COLATE - SCALA 1:5000

9.0 – Conclusioni

Il presente referto riferisce sulla fattibilità geologico-tecnica del progetto di manutenzione ordinaria e straordinaria delle coperture, strutture murarie e degli apparati decorativi di Villa Regina presso gli Scavi di Boscoreale (NA).

L'insieme delle indagini condotte ha fornito la stratigrafia di interesse e la caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il sottosuolo oltre che l'inquadramento in chiave di microzonazione sismica del sito.

Alla luce della Normativa sismica regionale (L.R. 9/83), della Normativa sismica nazionale (D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14 settembre 2005), delle Norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. del 14 febbraio 2008) e della Normativa Difesa del suolo regionale (Norme Attuazione Autorità di Bacino della Campania Centrale), in accordo con la committenza, sono stati utilizzati i dati ottenuti nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo condotti nella campagna di indagini geologiche del 2007 per la realizzazione della vicina Stazione della Circumvesuviana di Madonna dei Flagelli e dei dati desunti dalla campagna di indagini geoarcheologiche per il Progetto di ricerca "Ricostruzione dei paleo-paesaggi nella Piana del F. Sarno" condotta nel 2008 nel territorio comunale di Boscoreale in collaborazione con il DEUTSCHES ARCHAEOLOGISCHES INSTITUT - ZENTRALE. In particolare, relativamente a quest'ultima, è stato considerato il sondaggio geoarcheologico denominato DAI 16 realizzato a ridosso di Villa Regina, i cui dati sono stati interpretati in chiave geologico tecnica tenendo conto delle normative vigenti in materia.



Sezione geologica interpretativa

Nella zona di Villa Regina, al di sotto della coltre dei terreni di copertura costituita da depositi cineritici sabbiosi con livelli cineritici e cineritico sabbiosi legati ad attività vulcanica recente, dello spessore pari circa ad due metri (COMPLESSO A), localmente al di fuori dell'area di sedime di Villa Regina si rinviene una consistente successione di terreni di origine piroclastica eluviali rimaneggiati a tratti humificati, probabilmente legati alla presenza di un canale di età medievale il quale ha eroso completamente i prodotti di surge piroclastico dell'eruzione del 79 d.C. Tali terreni essenzialmente limo sabbiosi sono caratterizzati da mediocri valori dei parametri geomeccanici (COMPLESSO E).

La successione stratigrafica che caratterizza il sottosuolo di Villa Regina al di sotto dei depositi del complesso A, come chiaramente appare lungo le pareti di scavo prosegue con i depositi cineritici di chiusura dell'evento pliniano del 79 d.C. (COMPLESSO B) caratterizzati

da buone grandezze geomeccaniche. Seguono verso il basso i prodotti da fallout dell'eruzione del 79 d.C. costituiti da pomici sciolte, eterometriche caratterizzate da un certo grado di rimaneggiamento (COMPLESSO C) e dalle scadenti grandezze meccaniche. La serie poggia sui depositi terroso piroclastici costituenti il paleosuolo del 79 d.C., dalle scadenti caratteristiche meccaniche (COMPLESSO A) a cui segue una successione di sabbie e ghiaie piroclastiche parzialmente rimaneggiate dalle buone caratteristiche tecniche relative alle eruzioni c.d. protostoriche (COMPLESSO D); tali terreni passano verso il basso a successioni a tratti fortemente pedogenizzate di età neolitica e paleolitica (COMPLESSO A) dalle scadenti caratteristiche litotecniche separate da sottili livelli cineritici pseudo addensati prima dalle buone caratteristiche geomeccaniche (COMPLESSO D) e poi pomicei (COMPLESSO C) dalle scadenti caratteristiche meccaniche, attribuibili all'eruzione di Mercato (8.000 yrs B. P.) La serie indagata termina all'interno di una successione di depositi eluviali essenzialmente sabbioso ghiaiosi dalle discrete caratteristiche geomeccaniche (COMPLESSO E). La presenza del bedrock lavico (COMPLESSO F) è stata rilevata in zone immediatamente limitrofe oltre i sedici metri di profondità dal p.c.

In relazione sono forniti tutti i parametri necessari ad una corretta definizione dell'idea progettuale, si ricorda che le fondazioni della struttura archeologica di Villa Regina scaricano con buona probabilità sui depositi cineritici di età protostorica (COMPLESSO D) complessivamente dotati di buone caratteristiche geomeccaniche; tuttavia lo spessore piuttosto contenuto sconsiglia la realizzazione di pratiche (scavi, tagli, ecc.) che possano ridurre la potenza, inducendo locali fenomeni di rottura per punzonamento. La falda acquifera si rinviene oltre 20,0 m di profondità dal p.c..

In base al sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo proposta dall' Ordinanza O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, ed NTC 2008, per la caratterizzazione sismica di sito sono stati utilizzati i dati delle due prove sismiche in foro (Down Hole) alloggiate all'interno dei fori di carotaggio SST1 ed SST2, realizzati per la progettazione della vicina Fermata della Circumvesuviana di Madonna dei Flagelli in territorio di Torre Annunziata. In via sintetica il sito oggetto delle indagini ricade nella **categoria B con Vs 30 pari a 340,00 m/s**.

In base alla delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, il Comune di Torre Annunziata è stato classificato in **seconda zona sismica**

In tali zone il grado di sismicità da considerare è $S = 9$ ed il coefficiente di Intensità Sismica $C = (S-2)/100 = 0.07$ (g); invece l'accelerazione orizzontale massima a_g , da considerare in fase di progetto su suolo di categoria A (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico), è $a_g = 0,25g$, dove g è l'accelerazione di gravità.

In base al Piano stralcio Idrogeologico adottato dalle AdB Campania Centrale rispetto al rischio/pericolosità da frana ed al rischio idraulico (vedi cartografia allegata), **il sito risulta esposto a rischio nullo**.

Per tali aree è consentito, in osservanza della vigente normativa, la realizzazione di interventi sul patrimonio edilizio esistente, i cambiamenti di destinazione d'uso; gli interventi di nuova costruzione e la realizzazione di nuovi impianti, ecc.. sono quelli previsti dagli strumenti urbanistici e dai piani di settore e dalla normativa statale e regionale.

Dal punto di vista geomorfologico, pur considerando l'andamento in leggero declivio verso SSE, non sussistono particolari condizioni predisponenti al dissesto superficiale; tuttavia da non sottovalutare risulta il problema delle acque di ruscellamento superficiale; indispensabile risulterà infatti predisporre/mantenere la rete di allontanamento e smaltimento delle stesse tenendo conto che Villa Regina per la sua posizione "affossata" rappresenta un punto di richiamo/accumulo preferenziale delle acque di ruscellamento superficiale.

Scafati giugno 2015

il responsabile
dott. G. Di Maio

SOMMARIO

Premessa	pag.	3
1.0 - Inquadramento geologico strutturale	pag.	4
2.0 - Caratteristiche idrogeologiche generali	pag.	6
3.0 - Caratteristiche macrosismiche e vulcaniche	pag.	8
4.0 – Inquadramento geoambientale di dettaglio	pag.	11
5.0 – Indagini condotte e dati considerati	pag.	13
5.1 – Prove sismiche in foro (Down Hole)	pag.	15
5.1.1 – Descrizione della metodologia Down Hole	pag.	15
5.1.2 – Strumentazione utilizzata	pag.	16
5.1.3 – Risultati sperimentali ed elaborazione dati dei sondaggi	pag.	18
6.0 – Stratigrafia dell'area	pag.	25
7.0 – Caratterizzazione geomeccanica dei complessi litotecnici e costituzione d'insieme del sottosuolo	pag.	33
8.0 – Inquadramento del sito nell'ambito del piano stralcio della AUB del Sarno	pag.	36
9.0 – Conclusioni	pag.	40